

Concours « C.Génial-collège » 2013

SÉCURITÉ ROUTIÈRE
TOUS RESPONSABLES



Mikhail Nikolaev 6^{ème}
Khelifi Antoine 4^{ème}
Heinrich Laurine 4^{ème}
Royer Axel 3^{ème}
Royer Romain 3^{ème}
Laval Charles Henri 3^{ème}
Ravon Etienne 3^{ème}
Khelifi Lucien 3^{ème}



Club sciences du collège Jeanne d'Arc Bastia
Madame Chloé Rossignol, SVT
Monsieur Tony Camporesi, Technologie
Monsieur Joseph Piacentini, physique chimie

Sommaire

I. Notre défi.

II. A quel « choc » un œuf peut-il résister ?
Imaginons un test de résistance de l'œuf.

III. Comment évaluer la violence du choc de l'œuf « à la coque de polystyrène » sur le sol ?
Réalisons des vidéos de la chute... Analysons-les, image par image.

IV. Comment le bloc de polystyrène protège-t-il l'œuf ?
Réalisons des tests de chute sur une plaque de polystyrène.

V. Conclusion.
Notre étude, peut-elle sensibiliser nos camarades, au port du casque, et aux limitations de vitesse ?

I. Notre défi

Nous avons décidé de répondre positivement aux sollicitations de nos professeurs de sciences en nous investissant, une heure par semaine, au sein du club scientifique de notre établissement.

Un défi nous est lancé : « Elaborer un dispositif, le plus léger possible, afin de protéger un œuf d'une chute de plusieurs étages dans la grande cage d'escalier de notre collège »...

Nos idées s'orientent rapidement dans deux directions :

Freiner l'œuf dans sa chute (utilisation d'un parachute...) et protéger l'œuf afin d'amortir le choc sur le sol.

Nos professeurs nous invitent à étudier un autre principe de freinage, celui de la graine d'érable...

Quelle ne fut pas notre surprise lorsque Laurine nous proposa d'abandonner parachute et autre aile et de réaliser l'expérience avec une simple coque de polystyrène.

Les chances semblaient bien minces que « l'œuf à la coque de polystyrène » résiste. La hauteur du plongeon, un rebond impressionnant sur le sol, les sourires des plus pessimistes présageaient l'omelette ! Quelle surprise à l'ouverture de la coque protectrice, l'œuf est intact!

Monsieur Piacentini, notre professeur de physique est stupéfait, Romain réalise que son casque de vélo est constitué de polystyrène... Et si notre travail sensibilisait nos camarades au port du casque et au respect des limitations de vitesse aux commandes d'un scooter ou encore sur le stade de neige ? Monsieur Camporesi, notre professeur de technologie, « référent sécurité routière » dans notre collège, nous encourage dans cette démarche. Un partenariat et la participation à des actions devient un de nos objectifs.

Madame Rossignol, notre professeur de SVT, nous fait remarquer que l'œuf peut être considéré comme un symbole de la vie et de sa fragilité, cette idée donne une nouvelle orientation, une nouvelle motivation à notre travail.

Ne serait-ce pas l'occasion de participer au concours « C.Génial-collège » ?

Pour comprendre l'efficacité du dispositif réalisé par Laurine, et comprendre la résistance de « l'œuf à la coque de polystyrène » nous avons imaginé et réalisé quelques expériences...

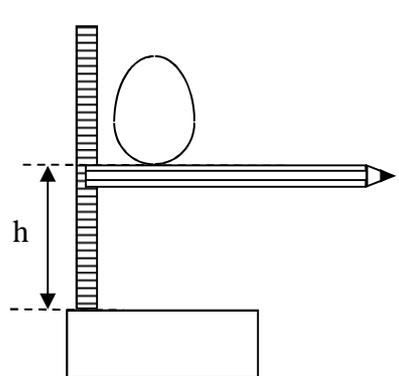
II. A quel « choc » un œuf peut-il résister ?

La question de nos professeurs : « De quels paramètres dépend la violence du choc ? »

- Charles Henri : « Plus l'œuf tombe de haut, plus il a de chances de se casser ! »
- Laurine : « Plus la surface sur laquelle il tombe est dure, plus il a de chances de se casser ! »
- Axel : « Plus la vitesse de l'œuf est grande, plus il a de chance de se casser ! »
- Le prof : « La violence du choc est d'autant plus importante que la masse de l'œuf est grande. Une boule de pétanque et une balle de ping-pong lâchées d'une hauteur identique, au dessus de vos orteils ne produiront pas le même effet... »

Imaginons un test de résistance de l'œuf...

- Etienne : « Nous pourrions lâcher des œufs à des hauteurs différentes afin de déterminer la hauteur à partir de laquelle la coquille ne subit plus de dégâts. »
- Antoine : « Oui, mais sur quoi laisser tomber l'œuf ? »
- Etienne : « Une brique posée sur une table devraient faire l'affaire. »
- Le prof : « Il est nécessaire de peser les œufs avant le test afin de pouvoir comparer chaque essai. la violence du choc peut-être « quantifiée » dans cette situation, par l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = mgh$. Energie en jeu lorsque on éloigne l'œuf de masse m , de la surface de la brique, distante de h . L'unité d'énergie est le joule de symbole J , la distance h s'exprime en mètre, la masse m s'exprime en kg et g est une constante appelée intensité de la pesanteur $g = 10 m.s^{-2}$. Vous remarquez bien que l'on retrouve les grandeurs importantes que sont la masse de l'œuf et la hauteur de chute, grandeurs que nous avons évoquées lors de nos premières réflexions. »
- Axel : « La résistance de la coquille, est-elle la même en n'importe quel point ? »
- Le prof : « Je n'en sais rien... de toute façon, je ne pense pas que nos mesures seront assez précises pour mettre en évidence une différence. Je vous propose de laisser tomber l'œuf toujours de la même façon... sur son extrémité la moins pointue. »



Notre matériel...

- Une brique.
- Un réglé et un crayon pour repérer la hauteur de chute.
- Une balance électronique pour peser l'œuf.

D'essais en essais, la hauteur de chute est diminuée...
Il est de plus en plus difficile de détecter les défauts de la coquille au toucher ou en lumière rasante.

| Quelques résultats | | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Essais n° | Masse de l'œuf (g) | h (cm) ± 1 mm | Dommages : oui/non | Energie en jeu (J) |
| 1 | 53,3 | 2,0 | oui | 1.10^{-2} |
| 2 | 58,0 | 1,8 | oui | 1.10^{-2} |
| 3 | 54,3 | 1,5 | oui | 8.10^{-3} |
| 4 | 65,6 | 1,0 | A peine perceptible | 6.10^{-3} |

Nous pouvons retenir pour E_{limite} un ordre de grandeur de 10^{-2} J, énergie à laquelle une coquille ne résiste pas. Soit 0,01 Joule pour Mikhail, notre camarade de 6^{ème}.

Le test de résistance de l'œuf que nous venons de réaliser ne peut-il pas être amélioré ?

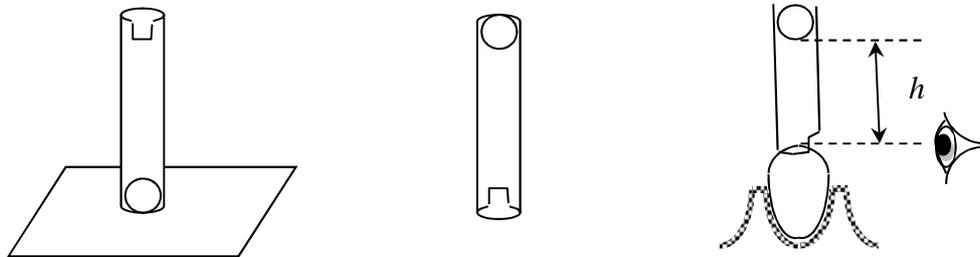
Nos professeurs nous font remarquer que la hauteur de chute limite mesurée est relativement faible, et que toute mesure est entachée d'incertitude. L'incertitude est d'autant plus grande que la longueur mesurée est faible... La devinette posée par nos professeurs en est une bonne illustration : « Est-il plus grave de se tromper de 10cm sur la longueur de 100m d'un stade de foot, ou de faire une erreur de 1mm sur une fourmi de longueur 3mm ? »

- Romain : « Une erreur de 30% sur la longueur de la fourmi ! »
- Etienne : « Une erreur de 0,1% sur la longueur du stade, c'est beaucoup moins grave que pour la fourmi ! »
- Axel : « Pour la chute de l'œuf sur la brique, je calcule l'erreur sur la hauteur limite de 1cm mesurée à plus ou moins 1mm... Cela me donne 10% ! »
- Le prof : « Ne pourrions-nous pas améliorer la précision du « crash test »? Vous remarquez que plus la hauteur mesurée est grande, plus la précision sur la mesure est bonne... Il nous faudrait mesurer des hauteurs de chute plus grandes... »
- Mikhail: « La masse de l'œuf ne peut être changée... »
- Charles Henri : « Nous pourrions faire tomber quelque chose de plus léger sur l'œuf ? »
- Lucien : « Et si nous réalisions un test de percussion avec une bille d'acier ? »

Il n'est pas facile de réaliser l'expérience... Vous pourriez vous aider d'un tube en papier... Guidée par un tube, la bille d'acier frappe la surface de l'œuf.

L'opérateur fait varier la hauteur de chute, ... et constate les dégâts !

- Le Prof : « La hauteur de chute étant relativement faible, l'énergie en jeu lors du choc est toujours donnée par la relation : $E_{pp} = m.g.h$. » « cela semble pratique, vous n'avez plus besoin de peser les œufs, il vous suffit de peser vos billes au collègue et de réaliser l'expérience à la maison. Ne gaspillez pas les œufs, profitez d'une recette : une mousse au chocolat pour 4 personnes, 6 œufs... »



1. Le tube flexible en papier coiffé la bille, il est pincé au niveau de la bille, paume de la main vers le ciel.
2. Retourné, il est placé sur l'extrémité la moins pointue de l'œuf. L'œuf étant callé pointe vers le bas dans son emballage de carton.
3. Le tube étant bien vertical, la bille est libérée.
4. Mesurer la longueur du tube, retrancher le diamètre de la bille pour connaître la course de celle-ci. L'œuf étant plus ou moins enfoncé dans le tube (en fonction de la courbure de son extrémité), il est possible d'apporter une correction à la longueur mesurée, en estimant l'enfoncement par la fenêtre de visée...
5. De test en test, le tube est raccourci...
6. Un œuf ne peut être testé qu'une fois.
7. Nous devons déterminer un encadrement de la hauteur limite...

| Quelques résultats | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| Essais n° | Masse de la bille et son diamètre | h (cm) ± 1mm | Domages : oui/non | Energie en jeu (J) |
| 1 | 21,7 g ; 1,65 cm | 4,95 | oui | |
| 2 | " | 3,95 | oui | |
| 3 | " | 3,15 | oui | $6,8 \cdot 10^{-3}$ |
| 4 | " | 2,95 | oui | $6,4 \cdot 10^{-3}$ |
| 5 | " | 2,95 | non | $6,4 \cdot 10^{-3}$ |
| 6 | " | 2,45 | non | $5,3 \cdot 10^{-3}$ |
| 7 | 8,3 g ; 1,2 cm | 8,3 | oui | |
| 8 | " | 7,8 | oui | |
| 9 | " | 7,3 | oui | $6,1 \cdot 10^{-3}$ |
| 10 | " | 6,9 | non | $5,7 \cdot 10^{-3}$ |

$$E_{max} \text{ « pas cassé »} < E_{limite} < E_{min} \text{ « cassé »}$$

$$\text{Avec } g = 10m \cdot s^{-2} \quad 5,7 \cdot 10^{-3} J < E_{limite} < 6,1 \cdot 10^{-3} J$$

La hauteur de chute de la bille est plus facile à mesurer que la hauteur de chute d'un œuf.

L'incertitude sur la mesure de la hauteur de chute, pour la valeur de 7,3cm, est 1,4% (elle était de 10% pour la première expérience). Notre test de résistance de l'œuf à bien été amélioré...

Obtenir une valeur de E_{limite} précise impliquerait de réaliser un très grand nombre de test, nous ne retiendrons donc qu'un ordre de grandeur.

Si nous considérons pour E_{limite} un ordre de grandeur de $10^{-2} J$, cela correspondrait à la chute (sur une surface dure) d'un œuf de **60g**, d'une hauteur de **1,7cm** !

III. Comment évaluer la violence du choc de l'œuf « à la coque de polystyrène » sur le sol ?

Nos professeurs nous indiquent que la violence du choc peut être quantifiée par l'énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. Les frictions avec l'air ont dissipé une partie de l'énergie potentielle de pesanteur en chaleur, la violence du choc ne peut plus être quantifiée par la relation $E_{pp} = mgh$.

Réalisons des vidéos de la chute... Analysons-les, image par image afin de déterminer la vitesse de l'objet.

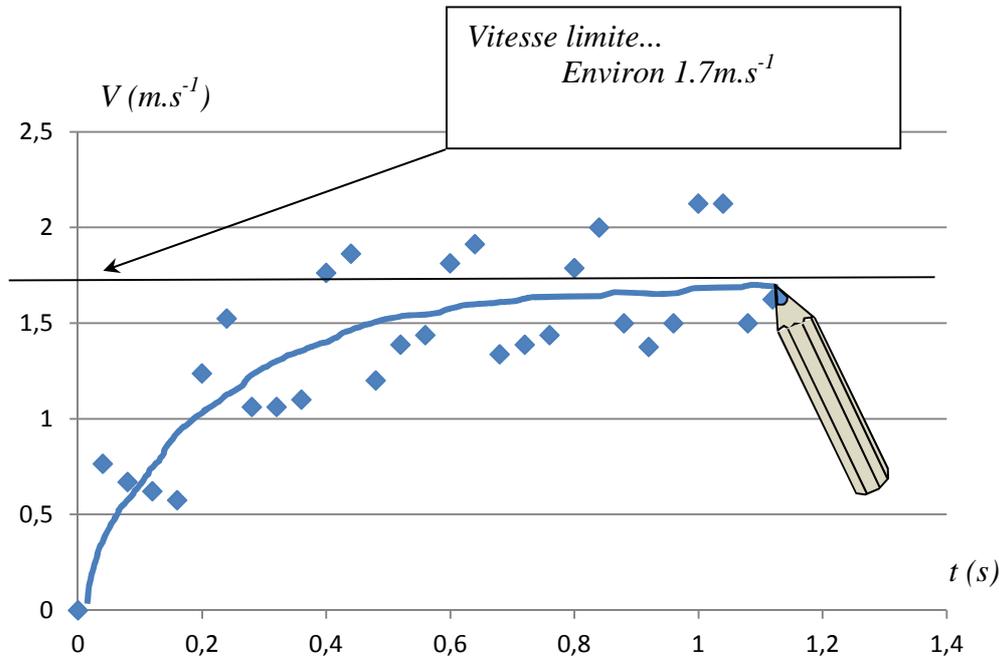
Les vidéos réalisées ne peuvent être exploitées directement avec le logiciel AVIméca. Monsieur Camporesi, notre professeur de technologie nous a bien aidés à résoudre ce problème d'informatique.

A. Chute verticale d'un ballon.

L'étude image par image de la vidéo nous montre que la vitesse d'un ballon en chute verticale dans l'air ne croît pas indéfiniment mais atteint une valeur limite.



Notre opératrice, est la « toise », un repère sur cette image nous permettant de réaliser les mesures de distance.



Il ne nous est pas facile de filmer la chute d'un objet sur une grande hauteur (objet trop petit, manque de recul, champ de vision trop étroit...), mais cette évolution nous montre que pour une hauteur de chute suffisamment importante, l'objet atteint une vitesse limite. Nous pouvons donc

supposer que si la hauteur de chute est grande, les derniers instants de la chute pourront nous renseigner plus facilement sur la vitesse au moment de l'impact, avant même que l'objet ne touche le sol.

Notre objectif est donc de calculer la vitesse limite de l'œuf dans sa coque de polystyrène, en filmant les derniers instants de la chute. Nous pourrions en déduire l'énergie cinétique avec laquelle notre paquet touche le sol...

B. Chute verticale d'une balle de ping-pong.

La fin de la chute du 3^{ème} étage est filmée simultanément en 25 et 240 ips (ips : image par seconde) Les vidéos sont analysées image par image à l'aide du logiciel AVIméca... Une bonne occasion de tester la caméra haute vitesse !

Mikhail, Antoine, et Laurine analysent la vidéo réalisée à 25 ips. Axel, Etienne et Lucien analysent la vidéo réalisée à 240 ips.

- Antoine : *« L'image de la balle n'est pas nette, sur chaque image j'observe une trace. »*
- Le prof : *« L'important est de toujours pointer le même repère sur la trace laissée par la balle. »*
- Antoine : *« L'effet de filet, est bien visible, je ne trouve pas exactement le même résultat que Laurine et Mikhail. »*
- Le prof : *« Vous le savez, vos pointages ne sont pas tous identiques, toute mesure est entachée d'incertitude ! »*
- Etienne : *« Moi, je trouve un résultat bien différent, avec la vidéo haute vitesse, l'image de la balle est bien nette ! »*
- Le prof : *« Réalisez de nouveaux pointages, vérifions vos calculs... »*
- Le prof : *« Il y a bien un problème, je ne sais pas... » « Comment savoir quel est le dispositif qui nous donne la bonne valeur ? » « Il nous faudrait filmer un évènement dont on connaît la durée et mesurer cette durée à l'aide des deux dispositifs... Comparer les valeurs »*
- Le prof : *« Nous pourrions mesurer la période d'un pendule à l'aide d'un chronomètre, vous filmerez simultanément avec les deux dispositifs de prise de vue. »*
- Antoine : *« Je parie sur la caméra haute vitesse ! »*

Antoine vient de perdre son pari, l'étude de la vidéo haute vitesse nous donne une valeur 8 fois plus grande que la valeur mesurée au chronomètre. L'étude de la vidéo 25 ips confirme la valeur mesurée au chronomètre.

- Le prof : *« En conclusion, vous constatez que la vidéo haute vitesse présente l'avantage d'un objet figé, sans effet de filet... Les durées que vous mesurez à l'aide de ces vidéos sont à diviser par 8 pour les calculs. » « Trouvez-vous les mêmes résultats ? »*
- Antoine : *« Notre valeur est $7,6 \text{ m.s}^{-1}$ filmé en 25 ips. »*
- Etienne : *« Moi, je trouve $9,1 \text{ m.s}^{-1}$ filmé en 240 ips. »*
- Le prof : *« Une différence de environ 20% entre ces deux valeurs, sur une même chute, met certainement en évidence la difficulté du pointage sur la trace de la balle, filmée à 25 ips. »*

Les vidéos de la fin d'une chute du troisième étage, nous ont permis d'évaluer la vitesse limite de la balle de ping-pong à environ 9 m.s^{-1} .



1. Il n'est pas si facile de viser la cible trois étages plus bas ! 2. Filmée à 25 ips, l'image de la balle est une trace. 3. En fin de vidéo, Antoine dépose la toise de 1,20m, là où la balle est tombée. 4. Filmée à 240 ips, la balle est « figée ».

C. Chute de l'œuf « à la coque de polystyrène ».

L'œuf conditionné dans son emballage de polystyrène, est abandonné trois étages plus haut sans vitesse initiale.

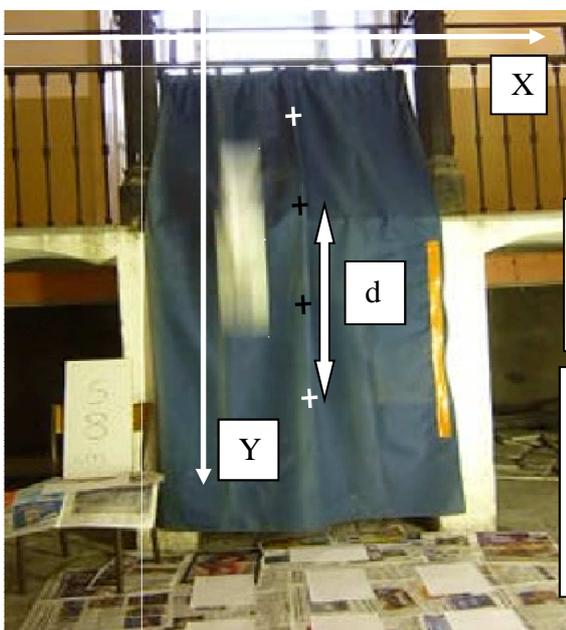
Trois étages plus bas le paquet a atteint sa vitesse limite.

Des ailerons ont été ajoutés pour stabiliser la prise de vue d'une petite caméra embarquée (éviter la rotation du dispositif au cours de sa chute). La masse du dispositif est $m = 198g$.

Nous avons utilisé les deux dispositifs de prise de vue pour évaluer la vitesse limite de l'œuf dans son emballage...

- ❖ Suivi d'un point de l'objet au cours de la chute filmé à 25 ips.

Le logiciel AVIMECA nous permet de suivre la course de l'objet image par image.



C'est le « coin » inférieur droit de l'objet que nous avons choisi de suivre au cours de la chute.

Les quatre premiers points repérés semblent montrer un mouvement uniforme.

Une barre de bois, déposée par Charles Henri, là où il observe l'objet toucher le sol, nous sert de toise en fin de vidéo.

La vitesse en fin de chute est donnée par la relation suivante : $V_{lim} = d / 2\tau$
 « d » étant la distance séparant le premier et le troisième point, et 2τ étant la durée nécessaire à l'objet pour accomplir cette distance...

Une moyenne a été réalisée à partir de deux séries de pointages... Elle nous a permis de déterminer une valeur de vitesse limite : $V_{\text{lim}} = 9,8 \text{ m.s}^{-1}$

❖ Suivi d'un point de l'objet au cours de la même chute filmée à 240 ips.



C'est le « coin » de l'aileron que nous avons choisi de suivre au cours de la chute. Cette fois encore l'objet est bien net.

Les points repérés semblent montrer un mouvement uniforme.

Nos professeurs pensent que l'on observe après 5 pointages une perte d'image ? Il nous faut en tenir compte pour les calculs...

La valeur moyenne de la vitesse limite calculée à partir de cette vidéo est $10,8 \text{ m.s}^{-1}$. Comme pour la chute de la balle de pingpong cette valeur de vitesse est plus grande (ici de 10%) que celle calculée à partir de la vidéo 25 ips.

La boîte de polystyrène touche le sol avec une énergie cinétique d'environ 11.5 J...
... L'œuf a été protégé du choc !

IV. Comment le bloc de polystyrène protège-t-il l'œuf ?

Réalisons des tests de chute sur une plaque de polystyrène.

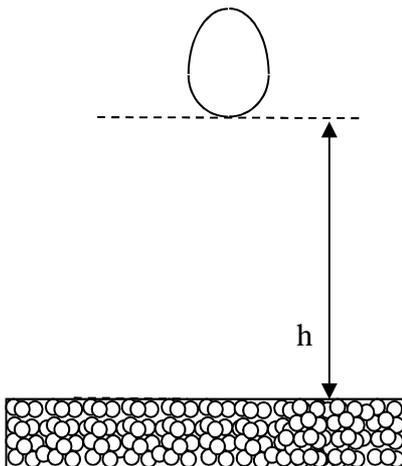
Nous décidons de suivre le même protocole que dans le paragraphe II, en remplaçant la brique par une plaque de polystyrène... Mais la hauteur de chute devient vite conséquente, le résultat de l'expérience nous surprend encore, l'œuf résiste !

Nous pouvons observer après le choc que la plaque est déformée. La plaque de polystyrène a absorbé une partie de l'énergie du choc comme la carrosserie de la voiture se déforme pour préserver l'habitacle du véhicule.

Le rebond impressionnant de l'œuf nous montre que la plaque de polystyrène se comporte comme un matelas élastique qui restitue une partie de l'énergie à l'œuf.

La plaque doit être changée avant de procéder à un nouveau test. (Les fabricants de casques indiquent que tout casque qui a subi un choc doit être réformé car il ne peut plus alors assurer une protection optimale)

Un œuf ne peut être utilisé que pour un seul test, car s'il n'a pas été endommagé après une chute, sa coquille peut être fragilisée.



Quelques résultats

| Essais n° | Masse de l'œuf (g) | h (m) | h_{max} après rebond (cm) | Dommages : oui/non |
|-----------|--------------------|-------|------------------------------------|--------------------|
| 1 | 58,3 | 2,30 | Non mesurée | non |
| 2 | 60,3 | 4,48 | Non mesurée | oui |
| 3 | 56,0 | 5,38 | 116 | non |
| 4 | 61,9 | 14,95 | Non mesurée | oui |

| | | | | |
|---|------|-------|-------------|-----|
| 5 | 60,8 | 14,95 | Non mesurée | oui |
|---|------|-------|-------------|-----|

Le rebond de l'œuf sur la plaque de polystyrène, observé sur la vidéo du test n°3, nous a permis d'évaluer l'énergie absorbée par la plaque lors du choc...

Il n'est pas facile de mesurer la vitesse de l'œuf, avant le choc, car la hauteur de chute n'est pas assez importante pour qu'il ait atteint sa vitesse limite.

Nous avons fait l'hypothèse que les frictions de l'air pouvaient être négligées et avons retenu la valeur $E_{pp1} = 2,96 \text{ J}$, l'énergie potentielle étant convertie en énergie cinétique au cours de la chute.

La hauteur maximale observée après le rebond nous permet de calculer l'énergie de l'œuf après le choc, soit $E_{pp2} = 0.65 \text{ J}$.

Ainsi **la plaque aurait absorbé 78% de l'énergie initiale**. Cela montre bien l'efficacité de la plaque de polystyrène à absorber l'énergie lors du choc.

- Antoine, Mikhail et Charles Henri : « Monsieur, je crois que nous venons de battre un record avec un œuf de 70g, lâché à 7m... Il a rebondi sur la plaque à 2,3m ! »
- Le prof : « Cela vous donne une énergie cinétique d'environ 5J au sol, sur la plaque... » « Cela vous montre aussi que pour avoir des résultats plus précis il faut réaliser un grand nombre de test. »
- Laurine : « C'était peut-être un œuf bio ! »
- Le prof : « Retenir un ordre de grandeur de 70 à 80% d'énergie absorbée par la plaque me semble assez juste. »
- Lucien : « L'épaisseur de la plaque a-t-elle une importance ? »
- Romain : « Une certaine épaisseur est nécessaire pour absorber en partie le choc, comme pour le matelas d'un sauteur à la perche... »
- Axel : « A partir d'une certaine hauteur, même dans l'eau, la chute peut-être fatale...Imagine-toi coiffé d'un casque énorme ! »
- Laurine : « La coquille a bien résisté, mais à l'intérieur ? Il faudrait radiographier l'œuf ? »
- Madame Rossignol : « Une écographie peut-être ? » « Un casque ne peut protéger d'un choc trop violent... Il est donc important de respecter les limitations de vitesse ! »

Comment l'emballage de polystyrène protège-t-il l'œuf ?

- La coquille de l'œuf ne résiste pas à une énergie cinétique supérieure à 10^{-2} J lorsque la bille d'acier la heurte. Entre la bille et l'œuf, la surface de contact n'est que de quelques mm^2 .
- En général l'œuf ne résiste pas à la chute sur une plaque de polystyrène de 2 cm d'épaisseur, s'il la heurte avec une énergie supérieure à 3J. L'énergie du choc est encore concentrée sur une surface relativement faible, environ 20 cm^2 au vu de la déformation de la plaque.
- L'emballage de polystyrène qui heurte le sol avec une énergie cinétique d'environ 12J protège l'œuf. L'énergie du choc est répartie sur une surface d'environ 100 cm^2 lorsque l'emballage touche le sol. Quand à l'œuf à l'intérieur il est relativement bloqué par les parois de polystyrène. L'énergie transmise à l'œuf est répartie sur une plus grande surface de sa coquille.

Les dégâts occasionnés lors du choc dépendent donc de l'énergie cinétique avec laquelle l'objet heurte le sol, de la surface sur laquelle l'énergie est répartie, des matériaux qui entrent en contact et absorbe plus ou moins cette énergie.

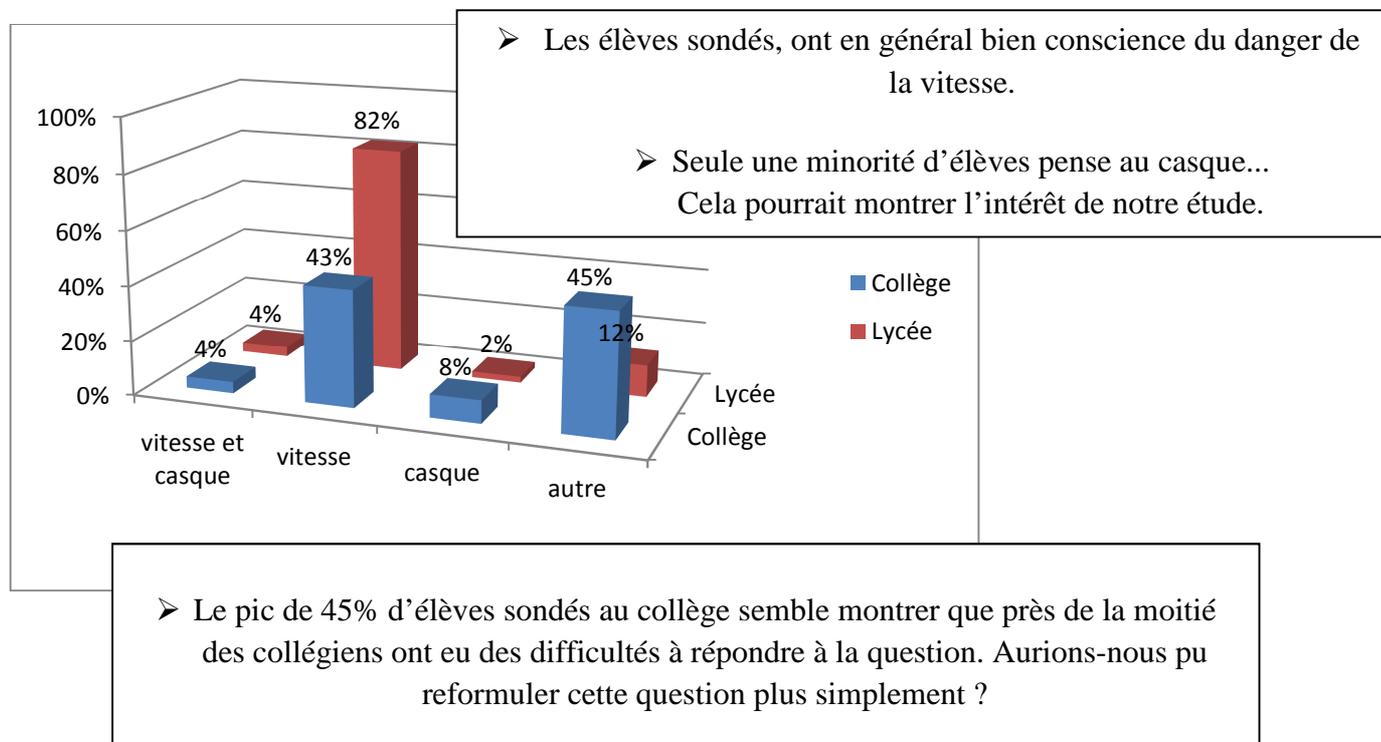
V. En conclusion.

« Elaborer un dispositif, le plus léger possible, afin de protéger un œuf d'une chute de plusieurs étages dans la grande cage d'escalier de notre collège » était le défi ludique que nous avaient proposé nos professeurs au mois de septembre.

L'étude de différents objets en chute dans l'air nous a permis de préciser ou de découvrir les notions de vitesse, d'énergie, d'incertitude sur la mesure.

Réfléchir sur la fragilité de l'œuf et remarquer l'efficacité de son emballage de polystyrène pour le protéger du choc a donné une orientation nouvelle à notre travail. Notre étude peut-elle être l'occasion de sensibiliser nos camarades au port du casque, à les inciter à maîtriser leur vitesse ?... Le sondage que nous avons réalisé semble confirmer notre idée.

« Un motard sur une route, un skieur sur le stade de neige... Qu'est-ce qui explique selon vous les blessures graves occasionnées lors d'un choc ? »



Trois expériences nous ont particulièrement marqués :

- La surprise d'observer l'œuf ressortir intact de sa coque de polystyrène après une chute de plusieurs étages. Le test de résistance de la coquille nous a montré qu'elle ne résistait pas à une énergie cinétique supérieure à 10^{-2} J , alors que le paquet a heurté le sol avec une énergie de 12 J sans dommage apparent pour l'œuf. Cette expérience illustre bien l'intérêt de porter un casque et de maîtriser sa vitesse.

- Après une chute sur plusieurs mètres, observer le rebond d'un œuf, sur une plaque de polystyrène de 2cm d'épaisseur, sans qu'il ne se casse, reste pour nous incroyable, et montre le pouvoir protecteur de ce matériau.

- La troisième expérience, la construction d'une aile « type graine d'érable » pour freiner l'œuf dans sa chute a été une vraie aventure... L'échéance proche de la présentation du concours ne nous a pas permis de peaufiner notre étude, d'exploiter les dernières vidéos réalisées... Le dernier essai était plein de suspense, nos professeurs les plus pessimistes... Notre aile « grand format » plonge en piquet avant de se mettre subitement à tourner à mi-course, affichant un sourire sur tous les visages... Un bel encouragement à poursuivre notre travail d'équipe.

