Académie de Créteil	
EPI	Sciences, technologie et société
Fin de cycle 4	Mathématiques / Physique-chimie

Comment réconcilier Aristote et Galilée ?

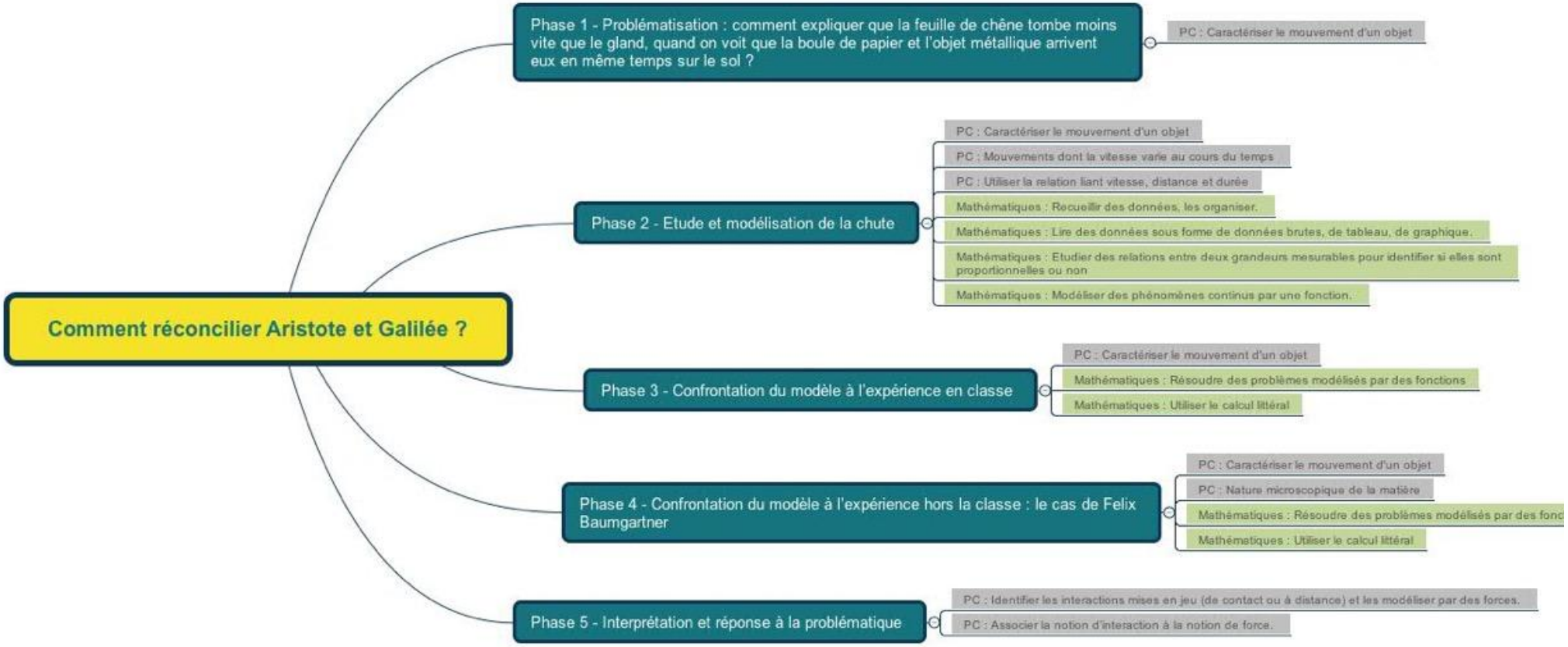
Arnoud BOLE, professeur de physique-chimie, collège St Exupéry, 94 FRESNES.
Christine CORNET, professeure de mathématiques, collège Alfred Sisley, 77 MORET-SUR-LOING.
Carine ESNAULT, professeure de physique-chimie, collège Alfred Sisley, 77 MORET-SUR-LOING.
Pascale PALARD, professeure de physique-chimie, collège André Malraux, 77 MONTEREAU.
Adrien SELLE, professeur de physique-chimie, collège François Rabelais, 94 VITRY-SUR-SEINE.
Guillaume SIBUT, professeur de physique-chimie, collège Federico Garcia Lorca, 93 ST DENIS.

Présentation de l'EPI

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DU PROJET ET PROBLÉMATIQUE CHOISIE

A partir d'un extrait du téléfilm « Galilée ou l'Amour de Dieu » présentant une expérience relative à la chute des corps (on y voit deux corps de masses différentes tombant à la même vitesse, ce qui vient a priori contredire les conclusions établies par Aristote, « le gland tombe plus vite que la feuille de chêne »), les élèves sont invités à compléter la démonstration de Galilée en l'étayant avec des arguments scientifiques : comment expliquer que la feuille de chêne tombe moins vite que le gland, quand on voit que la boule de papier et l'objet métallique arrivent eux en même temps sur le sol ?

Pour compléter cette démonstration avec des arguments scientifiques, ils doivent mettre en place une démarche laissant une place prépondérante à la modélisation mathématique : le modèle établi à partir des premières expériences est alors interrogé et soumis à une validation par d'autres expériences, dont l'analyse du saut effectué par Felix Baumgartner en octobre 2012. Interroger le cadre du modèle et en déterminer les limites de validité permettra de réconcilier les conclusions d'Aristote et de Galilée. Les élèves disposeront alors de l'ensemble des arguments scientifiques permettant de répondre à la question posée en fin d'extrait vidéo : « comment expliquer cette contradiction ? ». Ils pourront alors, lors d'un travail de groupes, imaginer et tourner la suite du film.


Comment réconcilier Aristote et Galilée ?
Phase 1 - Problématisation : comment expliquer que la feuille de chêne tombe moins vite que le gland, quand on voit que la boule de papier et l'objet métallique arrivent eux en même temps sur le sol ?
PC : Caractériser le mouvement d'un objet
Phase 2 - Etude et modélisation de la chute
PC : Caractériser le mouvement d'un objet
PC : Mouvements dont la vitesse varie au cours du temps
PC : Utiliser la relation liant vitesse, distance et durée
Mathématiques : Recueillir des données, les organiser.
Mathématiques : Lire des données sous forme de données brutes, de tableau, de graphique.
Mathématiques : Etudier des relations entre deux grandeurs mesurables pour identifier si elles sont proportionnelles ou non
Mathématiques : Modéliser des phénomènes continus par une fonction.
Phase 3 - Confrontation du modèle à l'expérience en classe
PC : Caractériser le mouvement d'un objet
Mathématiques : Résoudre des problèmes modélisés par des fonctions
Mathématiques : Utiliser le calcul littéral
Phase 4 - Confrontation du modèle à l'expérience hors la classe : le cas de Felix Baumgartner
PC : Caractériser le mouvement d'un objet
PC : Nature microscopique de la matière
Mathématiques : Résoudre des problèmes modélisés par des fonc
Mathématiques : Utiliser le calcul littéral
Phase 5 - Interprétation et réponse à la problématique
PC : Identifier les interactions mises en jeu (de contact ou à distance) et les modéliser par des forces.
PC : Associer la notion d'interaction à la notion de force.

TEMPORALITÉ DE L'EPI (DURÉE, FRÉQUENCE, POSITIONNEMENT DANS L'ANNÉE…)

Cet EPI est proposé en fin de cycle 4. Il s'effectue sur une quinzaine d'heures.

OBJECTIFS, CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

(Compétences du socle ; compétences disciplinaires des programmes)

Domaines du socle et éléments signifiants		Principales compétences travaillées	Descripteurs ou contextes
D 1.1	S'exprimer à l'oral	Pratiquer des langages (PC) Communiquer (maths)	Engagement dans un jeu théâtral, dans un débat (saynètes).
D 1.3	Utiliser les nombres Utiliser le calcul littéral Exprimer une grandeur mesurée ou calculée dans une unité adaptée Passer d'un langage à un autre	Pratiquer des langages (PC) Modéliser (maths) Calculer (maths)	Reconnaître et résoudre une situation de proportionnalité. Utiliser des nombres pour comparer, calculer et résoudre des problèmes. Produire une expression littérale. Utiliser, dans les calculs numériques, un système d'unités cohérent. Passer du langage courant à un langage scientifique et vice versa. Changer de registre.
D 2	Organiser son travail personnel Coopération et réalisation de projets Mobiliser des outils numériques pour apprendre, échanger, communiquer	S'approprier des outils et des méthodes (PC) Partager les tâches Mobiliser des outils numériques (PC) Chercher (maths)	Planifier les étapes et les tâches pour la réalisation d'une production. Investissement dans l'équipe. Utiliser des outils numériques pour réaliser une production, analyser des données.
D 3	Réflexion et discernement	Faire preuve d'esprit critique	Vérifier la validité d'une information. Remettre en cause ses jugements initiaux.
D 4	Mener une démarche scientifique, résoudre un problème	Pratiquer des démarches scientifiques (PC) Chercher (maths) Modéliser (maths) Raisonner (maths) Communiquer (maths)	Décrire des phénomènes. Caractériser un mouvement. Décrire la constitution et les états de la matière. Élaborer une conjecture à partir d'observations, de mesures, de calculs, d'expérimentations. Modéliser et représenter des phénomènes. Modéliser une interaction par une force. Comprendre et utiliser la notion de fonction.
D5	Se situer dans l'espace et dans le temps		Expliquer, par l'histoire des sciences et des techniques, comment les sciences évoluent. http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/histoire-gravite-1-Aristote-Descartes.xml

Éléments abordés		
	Mathématiques	**Physique chimie**
	Thème B : Organisation et gestion de données	**Mouvement et interactions**
Les attendus de fin de cycle	• Interpréter, représenter et traiter des données • Résoudre des problèmes de proportionnalité • Comprendre et utiliser la notion de fonction	• Caractériser un mouvement. • Modéliser une interaction par une force caractérisée par un point d'application, une direction, un sens et une valeur.
Connaissances et compétences associées	• Recueillir des données, les organiser. • Lire des données sous forme de données brutes, de tableau, de graphique. • Etudier des relations entre deux grandeurs mesurables pour identifier si elles sont proportionnelles ou non • Modéliser des phénomènes continus par une fonction. • Résoudre des problèmes modélisés par des fonctions	*[Remobilisation]* • Caractériser le mouvement d'un objet. • Utiliser la relation liant vitesse, distance et durée dans le cas d'un mouvement uniforme. • Vitesse : direction, sens et valeur. • Mouvements rectilignes. • Mouvements uniformes et mouvements dont la vitesse varie au cours du temps en direction ou en valeur. *[Emergence]* • Identifier les interactions mises en jeu (de contact ou à distance) et les modéliser par des forces. • Associer la notion d'interaction à la notion de force. • Action de contact et action à distance. • Force : point d'application, direction, sens et valeur.
	Thème A : Nombres et calculs / Thème C : Grandeurs et mesures	**Organisation et transformations de la matière**
Les attendus de fin de cycle	• Utiliser les nombres pour comparer, calculer et résoudre des problèmes • Utiliser le calcul littéral • Calculer avec des grandeurs mesurables ; exprimer les résultats dans les unités adaptées	• Décrire la constitution et les états de la matière
Connaissances et compétences associées	• Pratiquer le calcul exact ou approché, mental, à la main ou instrumenté • Utiliser le calcul littéral pour prouver un résultat général, pour valider ou réfuter une conjecture. • Mener des calculs impliquant des grandeurs mesurables, en conservant les unités	*[Remobilisation]* • Nature microscopique de la matière (en particulier, ici, de l'air, mélange de gaz)

Modalités de mise en œuvre pédagogique

1. Le projet tel qu'expliqué aux élèves

Lors de la première séance, les enseignants présentent le contexte historique : en 1633, le savant italien Galilée (1564-1642) présente un système solaire et des théories scientifiques en totale contradiction avec les préceptes de la création du monde issus de la Bible et défendus par l'Eglise. L'inquisition ouvre une instruction pour déterminer si Galilée est coupable d'hérésie et de crime contre l'Eglise...
Ils diffusent alors l'extrait du téléfilm suivant : Galilée ou l'Amour de Dieu (téléfilm historique français de Jean-Daniel Verhaeghe, diffusé pour la première fois le 7 janvier 2006, sur France 3)
https://www.youtube.com/watch?v=-crNe2PfOxI (à couper à 2'31)

Ils suscitent alors les réflexions suivantes : pourquoi les juges de l'inquisition sont-ils surpris par l'expérience réalisée par Galilée ? Que s'attendaient-ils à observer ? Quelle est l'hypothèse défendue par Galilée ? Quelle est l'hypothèse défendue par Aristote ? Quelle critique peut-on faire concernant l'expérience de Galilée ?
Ils demandent alors aux élèves de prendre position : et vous, qu'en pensez-vous ?

2. Modes d'interdisciplinarité

Cet EPI est envisagé en mettant en place des progressions croisées entre le cours de physique-chimie et le cours de mathématiques. La première séance peut se faire en co-intervention, de même que la séance finale.

3. Étapes de mise en œuvre ; progression envisagée

Phase 1 : présentation de la situation, émergence de la problématique (physique).

Lors de la première séance, les enseignants présentent le contexte historique : en 1633, le savant italien Galilée (1564-1642) présente un système solaire et des théories scientifiques en totale contradiction avec les préceptes de la création du monde issus de la Bible et défendus par l'Eglise. L'inquisition ouvre une instruction pour déterminer si Galilée est coupable d'hérésie et de crime contre l'Eglise...
Ils diffusent alors l'extrait du téléfilm suivant : Galilée ou l'Amour de Dieu (téléfilm historique français de Jean-Daniel Verhaeghe, diffusé pour la première fois le 7 janvier 2006, sur France 3)
https://www.youtube.com/watch?v=-crNe2PfOxI (à couper à 2'31)

Ils suscitent alors les réflexions suivantes : pourquoi les juges de l'Inquisition sont-ils surpris par l'expérience réalisée par Galilée ? Que s'attendaient-ils à observer ? Quelle est l'hypothèse défendue par Galilée ? Quelle est l'hypothèse défendue par Aristote ? Quelle critique peut-on faire concernant l'expérience de Galilée ?
Ils demandent alors aux élèves de prendre position : et vous, qu'en pensez-vous ?

On s'attend, d'une part, à ce que les élèves mettent en doute le fait que la boule de papier et l'objet métallique touchent effectivement le sol en même temps : « cela va trop vite », « on ne voit pas s'il y a une petite différence », « il y a bien un ralenti une fois mais il y a aussi eu un changement de plan (on est dans un film, il peut y avoir des effets spéciaux) ; sinon, lorsqu'il n'y a pas de changement de plan, tout se passe très vite et l'on n'est pas sûr que les objets touchent le sol en même temps », « l'expérience ne se fait pas d'assez haut »).
D'autre part, on s'attend à ce que les élèves évoquent leurs propres représentations : « on sait bien qu'Aristote a raison : la feuille de chêne tombe effectivement moins vite que le gland, de même que la plume tombe moins vite que le plomb. »

Il faut donc d'abord s'assurer de l'observation réalisée par Galilée. Les élèves peuvent refaire l'expérience. L'idée de filmer l'expérience pour pouvoir la revisualiser au ralenti devrait alors émerger.
Le plus simple est alors de filmer l'expérience avec le smartphone des élèves (selon le principe du BYOD (bring your own device) ou AVEC (apportez vos équipements personnels de communication)). Pour obtenir des ralentis, on peut utiliser l'application MotionShot.

La problématique est alors formulée : comment expliquer que la feuille de chêne tombe moins vite que le gland, quand on voit que la boule de papier et l'objet métallique arrivent eux en même temps sur le sol ?
Galilée, pour convaincre ses juges, devra apporter des éléments de réponse à cette problématique.
En utilisant les moyens techniques disponibles aujourd'hui, il s'agira de construire l'exposé de Galilée en s'appuyant sur des arguments scientifiques, et de tourner la suite de cette vidéo (production finale).

Phase 2 : étude et modélisation de la chute (physique-chimie et mathématiques)

S'appuyer sur des arguments scientifiques nous demande d'étudier plus précisément la chute des objets.

Des élèves, à ce moment-là du projet, exprimeront des doutes sur la hauteur de chute (« il faudrait faire tomber les objets de plus haut »). Comme on ne peut pas, dans les conditions de l'expérience, augmenter indéfiniment la hauteur de chute, on peut créer des modèles mathématiques. Si ces modèles sont suffisamment corrects, on peut alors prédire ce qui arrivera pour des hauteurs plus grandes.

→ Dans un premier temps, on peut utiliser la chronophotographie pour modéliser d, distance parcourue lors de la chute, en fonction de t, pour deux objets différents.

En physique-chimie, on réalise les mesures et on trace le graphique. On remobilise les connaissances précédemment acquises dans le cycle pour caractériser ce mouvement de chute. L'application MotionShot n'est alors plus suffisante : on peut alors utiliser un logiciel type Regavi ou Pymécavidéo. Des tutoriels sont disponibles en ligne pour permettre de réaliser les graphiques attendus à partir d'une vidéo (tournée par les élèves ou sélectionnée parmi celles disponibles en ligne)

Exemple de tutoriel :
https://www.youtube.com/watch?v=bEYwuu_CfWA

Présentation de Pymécavidéo :
http://www.reseau-canope.fr/sialle/fiche-detaillee-pymecavideo-461.php

Quelques vidéos disponibles :
http://www.spc.ac-aix-marseille.fr/phy_chi/Menu/Video/Tableau/Presentation.htm

En mathématiques, dans une démarche de modélisation, on fait apparaitre que la distance parcourue semble être proportionnelle au carré du temps et non au temps. À l'aide d'un logiciel, on représente graphiquement les points de coordonnées (t ; y), avec t le temps et y la distance (*le logiciel utilisé peut être un tableur-grapheur, un logiciel de géométrie dynamique (par ex : GeoGebra))*
Les élèves s'aperçoivent que la courbe n'est pas une droite, le modèle de proportionnalité doit donc être écarté. En revanche pour les aider à trouver qu'il y a proportionnalité entre la distance et le carré du temps (et pour les laisser chercher efficacement en développant leur autonomie) nous pouvons leur citer un extrait d'un texte de Galilée provenant de son livre « Discours Concernant Deux Sciences Nouvelles » écrit en 1638.

> *[…] dans ces expériences répétées une bonne centaine de fois, nous avons toujours trouvé que* ***les espaces parcourus étaient entre eux comme les carrés des temps,*** *et cela quelle que soit l'inclinaison du plan, c'est-à-dire du canal, dans lequel on faisait descendre la boule. […]*

Texte certes un peu compliqué mais qui permet de parler de l'expérience des plans inclinés, qui donne la même loi que la chute libre mais qui a permis à son auteur de ralentir la vitesse de chute donc d'observer plus facilement le phénomène.
(D'ailleurs cette expérience peut se faire avec les élèves, voir le paragraphe « alternative » à la fin du document)

→ Dans un second temps, pour montrer, comme le pense Galilée, que la vitesse ne dépend que du temps de chute (et pas de la masse de l'objet), on peut utiliser la chronophotographie pour modéliser v, vitesse de l'objet lors de la chute, en fonction de t, temps de chute, pour deux objets différents.
En physique-chimie, en remobilisant la formule v=d/t, on fait les calculs de vitesses instantanées pour chacun des points de la chronophotographie et on construit le tableau de mesures.
En mathématiques, on trace le graphique représentant la variation de v en fonction de t. On trouve une droite. On peut lire graphiquement son coefficient directeur, trouver donc l'expression algébrique de la fonction linéaire et ainsi essayer de prédire pour de très grandes valeurs.

Idée de ce que l'on peut obtenir :
(par exemple, à partir de la vidéo disponible à l'adresse URL suivante :
http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/site/labo/tice/c_video_tice.htm).

Temps t (s)	Distance y (m)	Vitesse v (m/s)
0	0,000	
0,04	-0,012	0,3375
0,08	-0,027	0,525
0,12	-0,054	0,925
0,16	-0,101	1,4125
0,2	-0,167	1,8375
0,24	-0,248	2,225
0,28	-0,345	2,575
0,32	-0,454	2,8125
0,36	-0,570	3,2
0,4	-0,710	3,6875
0,44	-0,865	4,1125
0,48	-1,039	4,4625
0,52	-1,222	4,75
0,56	-1,419	5,0375
0,6	-1,625	5,4875
0,64	-1,858	

Phase 3 : confrontation du modèle à l'expérience en classe (physique-chimie).

Le modèle prédit que pour un certain temps de chute, un objet possèdera une certaine vitesse, et que celle-ci ne dépend pas de la masse de l'objet. On cherche à vérifier sa validité par l'expérience.

En physique-chimie, on attend que les élèves proposent des protocoles et réalisent des expériences pour des temps de chute supérieurs à ceux utilisés dans la vidéo (et donc des hauteurs supérieures à celle utilisée par Galilée dans cet extrait, qui est de 1,50 m environ).

Liberté laissée à l'élève pour l'expérience :

- Libre sur la hauteur du lâché.
- Possibilité de lâcher deux objets de masses différentes en même temps. Cela pose une difficulté technique : il faut lâcher les 2 objets vraiment en même temps. Par ailleurs, si cela permet de vérifier que la masse de l'objet n'est pas un paramètre influençant la vitesse de chute, cette expérience ne vérifie pas le modèle qui prévoit la vitesse en fonction du temps de chute.
- Possibilité de lâcher un objet après l'autre et de calculer la vitesse : il faut alors effectuer les chronophotographies pour des objets de masses différentes, pour pouvoir déterminer les vitesses instantanées.

Note au professeur : on peut déjà voir des différences dans le temps de chute ou sur la vitesse en fin de chute pour des objets comme la feuille de papier mise en boule et l'objet métallique. Possibilité d'utiliser deux objets métalliques de même forme mais fabriqués de métaux différents (pourquoi pas remobiliser la notion de masse volumique ?).

Phase 4 : confrontation du modèle à l'expérience hors la classe : le cas de Felix Baumgartner (mathématiques et physique-chimie)

Pour vérifier que le modèle est valable, on va essayer avec une chute de très haut : on va alors s'appuyer sur la chute réalisée par Felix Baumgartner le 14 octobre 2012.

On analyse pour cela la vidéo suivante :

https://www.youtube.com/watch?v=k6uuINIQxZY

On étudie la vitesse à différents moments de la chute (avant l'ouverture du parachute) et on confronte au modèle.

1ère phase du saut (absence d'air) : le modèle colle bien à la réalité (le vérifier !)

2ème phase du saut (présence d'air) : le modèle ne colle plus !

Phase 5 : interprétation et réponse à la problématique (physique-chimie).

Comment expliquer que le modèle ne colle plus pour une partie du saut de Félix Baumgartner ? On identifie alors une nouvelle interaction, en plus de l'action de la Terre sur l'objet.

Dans la première partie du saut, il n'y a pas d'air (on peut le voir car la combinaison du parachutiste ne bouge pas). Dans la deuxième partie du saut, la combinaison bouge et sa vitesse est réduite fortement. Il existe une nouvelle interaction de contact (contact des molécules présentes dans l'air avec le parachutiste).

Pour finir de se convaincre, nous pouvons réaliser l'expérience sur la Lune : les élèves peuvent vérifier que c'est ce qui a été fait dans le cadre de la mission Apollo 15 :

https://www.youtube.com/watch?v=03SPBXALJZI

Nous avons alors les arguments scientifiques pour construire l'exposé de Galilée, à opposer aux juges de l'inquisition, et pour tourner la suite de la vidéo.

Phase 6 : pour aller plus loin :

Pourquoi ne pas essayer de réaliser l'expérience dans une cloche à vide avec la plume et le plomb (ou une pomme pour ne pas casser le socle de cloche à vide) ? Cette expérience pourrait être montée en partenariat avec la technologie (création d'un cahier des charges : il faut que mon objet technique me permette de lâcher 2 objets de masses différentes dans la cloche à vide…)

Une expérience a été réalisée sur Terre dans une grande chambre à vide :
https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs

4. Production(s) finale(s) envisagée(s) au regard des compétences disciplinaires et transversales travaillées

Les élèves sont invités à construire le discours de Galilée et les dialogues avec les juges de l'Inquisition pour expliquer la contradiction apparente qui existe entre les résultats d'Aristote et ceux de Galilée, puis à mettre en scène ce dialogue sous forme d'une saynète. Cette saynète peut être filmée : on réalise ainsi la suite de l'extrait vidéo diffusé en début d'EPI.

5. Ressources mobilisées (partenariats, bibliographie, sitographie …) Intervenants extérieurs – Partenariats

Histoire des sciences : étude de la chute des corps
http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/histoire-gravite-1-Aristote-Descartes.xml

http://www.astrosurf.com/luxorion/galilee-hommage5.htm

https://goo.gl/RQl1J4

Informations sur le saut de Felix Baumgartner :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Felix_Baumgartner

6. Usage des outils numériques

Utilisation d'un logiciel de capture et de traitement vidéo (MotionShot, Regavi, Pymécavidéo)
Utilisation d'un logiciel de tableur ou Géogébra.
Le cas échéant, utilisation d'un logiciel de montage vidéo.

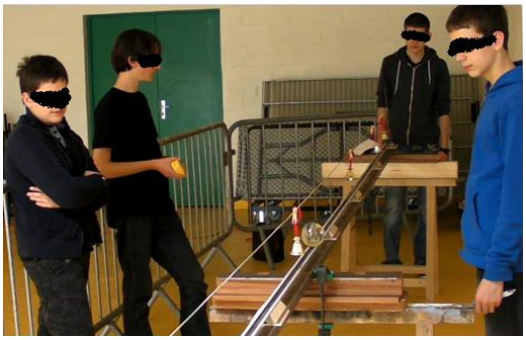
7. Critères de réussite, modalités d'évaluation individuelle / collective :

• Des évaluations intermédiaires au sein de chaque discipline.
• La capacité à travailler en équipe (coopération, collaboration), la prise d'initiative, l'autonomie
• Evaluation de la production finale : évaluation du dialogue construit ; la pertinence des arguments scientifiques donnés et la qualité de la maîtrise de la langue seront en particulier évaluées.

On s'appuiera bien sûr, pour l'évaluation, sur le document suivant : « Document d'accompagnement pour l'évaluation des acquis du socle commun de connaissances, de compétences et de culture. »
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/College_2016/74/6/RAE_Evaluation_socle_cycle_4_643746.pdf

8. Une Alternative : l'expérience du plan incliné

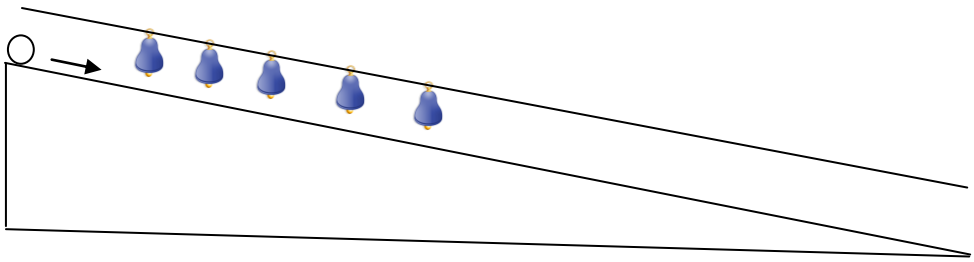
L'expérience de Galilée sur un plan incliné est une expérience intéressante (sans pour autant remplacer la chronophotographie qui vient en complément) car tout en étant un support favorisant l'activité de recherche de manipulation et de questionnement, elle est historique, facile à réaliser et donne lieu à un débat enrichissant entre les élèves. Elle favorise aussi le développement de la compétence « chercher » en mathématiques (tester, essayer plusieurs pistes de résolution). La régularité observée par les élèves lors du mouvement du corps répondra à des lois mathématiques qu'ils connaissent déjà mais qu'ils n'arrivent pas à formuler avec le langage fonctionnel. C'est une belle illustration du rôle des mathématiques dans la compréhension du monde.



Présentation du dispositif

Voici la liste des objets utilisés pour l'expérience :

- Une boule en verre de 10 cm de diamètre pesant 350g, donc plutôt lourde.
- Un rail en alu de 6 m de long posé sur une barre en acier de même longueur très rigide, elle-même posée sur 3 tréteaux en bois. Le rail est rendu lisse par une protection plastique.
- Des cales sur les tréteaux de façons à créer une petite inclinaison de 2 ou 3°.
- Cinq clochettes en métal très léger hautes de 6 cm et de diamètre à la base 5 cm suspendues par un cordon réglable. A noter que l'impact de la boule et de la clochette se fait sur la clochette et non pas uniquement sur le battant qui est à l'intérieur.
- Un fil tendu au-dessus du rail pour maintenir les clochettes.
- Des petites pinces à linge très légères pour fixer la clochette sur le fil afin qu'elle ne glisse pas lors du passage de la boule.

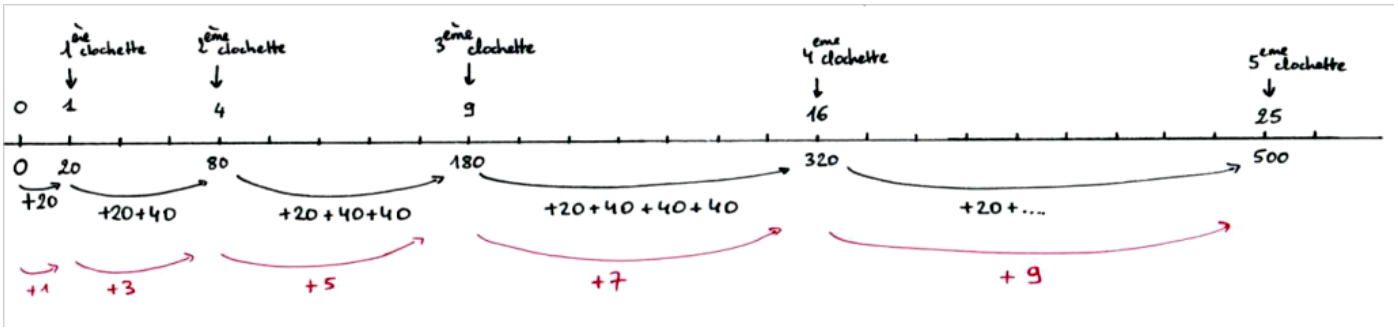


Objectif pédagogique :

L'objectif pédagogique de cette expérience est de montrer aux élèves :

- Que les mathématiques peuvent modéliser les phénomènes physiques de la vie courante.
- Que le chemin parcouru par la pensée humaine pour comprendre ces phénomènes (ici le mouvement des corps) a été long et semé d'embûches. Encore maintenant nos conceptions « spontanées » du mouvement sont souvent erronées !
- Que justement l'erreur de conception d'un élève n'a pas à être plus condamnée que celle d'un savant, Aristote et ses partisans (dont l'Eglise) se sont bien trompés pendant des siècles sur le mouvement de la chute des corps !

Ce que les élèves constatent :



Déroulement :

Les élèves sont répartis en 7 groupes de 4, et réalisent l'expérience les uns à la suite des autres (Attention aux spoilers !)

On les laisse tâtonner pour la position des clochettes, ils doivent mettre en évidence qu'il n'y a pas proportionnalité de la distance parcourue par la boule en fonction du temps qu'elle met pour rouler. A « l'oreille » ils doivent rejeter ce modèle. Si on place les clochettes en les répartissant uniformément, les sons sont de plus en plus rapprochés. On impose la première clochette à 20 cm pour que le coefficient soit simple. (On pourrait mesurer la position des clochettes pour tous les groupes pour voir s'ils se rapprochent de la valeur théorique (pour faire des statistiques même sur 7 groupes… et là ; travailler, en plus de tout le reste, la notion de moyenne).

Puis en classe entière on donne les mesures « théoriques ». D'un point de vue physique, il y a une contradiction car on se sert de la loi pour trouver la loi !!! Mais le but ici est de trouver des valeurs « simples » qui ne viennent pas obscurcir le raisonnement attendu de la part des élèves.

t	0	1er son de clochette	2ème son de clochette	3ème son de clochette	4ème son de clochette	5ème son de clochette
t^2	0	1	4	9	16	25
d (t)	0	20	80	180	320	500

Avec ou sans le texte de Galilée cité plus haut, les élèves sont amenés à utiliser le carré du temps et écrivent la liste des 6 premiers carrés parfait qu'ils connaissent bien. Ils trouvent la relation qui existe entre d et t^2 et trouvent le coefficient de proportionnalité.

On leur précisera plus tard que ce coefficient dépend de l'inclinaison…

Les élèves feront appel ensuite à la chronophotographie pour prouver avec les moyens d'aujourd'hui que le mouvement est accéléré sur la rampe en expliquant le principe de cette méthode.

Cette expérience complète bien la chronophotographie car les mesures obtenues avec cette « technologie » ne sont pas des nombres décimaux « simples » et leurs présences peuvent souvent masquer le phénomène que l'on veut que les élèves découvrent. Cette expérience, en plus de permettre une descente moins rapide que la chute libre, donne à l'élève la possibilité de faire des essais, de développer son sens critique, de tester des conjectures (hypothèses), de débattre avec ses pairs et est réalisée par tous les élèves, car chacun veut faire rouler la boule sur le rail.