

# mallettes MERITE



itinéraires  
en sciences  
et techniques :  
expérimenter  
et comprendre

CLASSES DE CYCLE 4

3<sup>e</sup>

4<sup>e</sup>

5<sup>e</sup>

Technologie

itinéraire

## Apoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

Concret pour les élèves

Démarche d'investigation

Clé en main  
pour l'enseignant

Matériel dédié

Conçu par des scientifiques  
et des enseignants

Testé en classe



mallettes  
**MERITE**

itinéraires  
en sciences  
**et techniques :**  
expérimenter  
et comprendre





## La collection

# mallettes MERITE



## Itinéraires en sciences et techniques : expérimenter et comprendre

**Conçues pour les enseignants du CM1 jusqu'à la classe de 3<sup>e</sup>, les mallettes MERITE sont des ressources pédagogiques abordant plusieurs disciplines et laissant une grande part à l'expérimentation par les élèves. Apprendre en se confrontant au réel, utiliser du matériel approprié, réfléchir et progresser en groupe sur des questions ouvertes issues du quotidien, s'entraîner à raisonner sur des faits et des observations, s'approprier des concepts scientifiques et des savoir-faire techniques, tout cela est au cœur de la collection MERITE.**

### Des progressions clés en mains pour les enseignants

Chaque mallette MERITE est composée d'un guide pour l'enseignant détaillant l'itinéraire pédagogique réparti en modules et séances et du matériel nécessaire pour réaliser les expériences. Elle constitue ainsi une ressource complète pouvant être utilisée en autonomie et de façon flexible par l'enseignant. Les contenus s'inscrivent dans les programmes scolaires et ouvrent sur la découverte des métiers.

### Une approche concrète s'appuyant sur la démarche d'investigation

Les activités de classe s'appuient sur la démarche d'investigation pour encourager l'apprentissage progressif des élèves par l'action. Le matériel fourni est adapté au niveau des élèves et permet de réaliser des activités scientifiques et techniques pour toute une classe, disposée le plus souvent en îlots.

### Une collection conçue par des scientifiques et testée en classe

Riche de 12 thématiques, cette collection de mallettes pédagogiques a été conçue par des scientifiques de 7 établissements d'enseignement supérieur, en co-construction avec des enseignants, et testée dans des classes de cycle 3 et 4 durant trois années scolaires.

### Une collection au service de la diffusion de la culture scientifique et technique

La collection MERITE encourage la diffusion et la diversification de la culture scientifique et technique et s'adresse à tous. Les thématiques proposées se font parfois écho en utilisant des outils communs (outils mathématiques, utilisation de protocoles d'expérimentation...), démontrant ainsi que les disciplines ne sont pas cloisonnées. L'approche proposée permet de construire des apprentissages utiles au citoyen : réflexion, esprit critique, confiance en soi, créativité et innovation pour devenir capable de choix éclairés par des connaissances et compétences scientifiques et techniques bien comprises.

Cette collection est le fruit du projet MERITE (2015-2020) coordonné par IMT Atlantique en partenariat avec 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest et le Rectorat de l'Académie de Nantes. MERITE a été financé au titre du Programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat, ainsi que par le Fonds européen de développement régional, la Région des Pays de la Loire et le groupe Assystem.



**Apoll'eau : mesures et analyses  
avec des fusées à eau**

# **Sommaire**

<b>Introduction</b>	<b>11</b>
<b>Séances</b>	<b>19</b>
<b>Itinéraire pédagogique</b>	<b>21</b>
<b>MODULE 1</b>	<b>DÉCOUVERTE DE LA THÉMATIQUE</b>
<b>Séance 1</b>	<b>Découverte de la problématique : la fusée à eau</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Notice d'utilisation de la base de lancement 28</li> <li> Observation du premier lancement 29</li> <li> Organisation du projet 30</li> </ul>
<b>Séance 2.1</b>	<b>Les phases de vol de la fusée à eau</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Les 4 phases du vol de la fusée 32</li> </ul>
<b>Séance 2.2</b>	<b>Découverte du théodolite</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Réalisation d'une frise chronologique 35</li> <li> Liste d'instruments pouvant être recherchés 36</li> <li> Exemple de production-type 37</li> <li> Initiation à l'utilisation du théodolite 38</li> </ul>
<b>Séance 2.3</b>	<b>Paramètres influents du vol de la fusée à eau</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Découverte de la fusée à eau : éléments de correction 43</li> <li> Découverte de la fusée à eau 44</li> <li> Conception d'une fusée à eau 45</li> </ul>
<b>Séance 3.1</b>	<b>Réalisation d'un prototype</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Le protocole en sciences 49</li> <li> Protocole de réalisation d'un prototype de fusée 50</li> </ul>
<b>Séance 3.2</b>	<b>Théodolite : mesures en situation statique</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Prendre des mesures et calculer l'apogée de la fusée 53</li> </ul>
<b>Séance 3.3</b>	<b>Théodolite : exploitation des données et calcul</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Exploitation mathématique 57</li> </ul>
<b>Séance 3.4</b>	<b>Théodolite : mesure en situation dynamique</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Mesure en situation dynamique 60</li> </ul>
<b>Séance 4</b>	<b>Lancement et tests des prototypes</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Travail en mathématiques 63</li> </ul>
<b>Séance 5</b>	<b>Première revue de projet</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li> Trame pour la revue de projet 69</li> </ul>

<b>MODULE 2</b>	<b>OPTIMISATION DU PROTOTYPE DE LA FUSÉE</b>	<b>70</b>
Séance 1	Calcul de l'apogée du prototype de fusée à eau	74
Séance 2	Mouvements de la fusée à eau	75
Séance 3	Notions de poids et de propulsion	76
	📄 Le phénomène de propulsion	78
	📄 Phénomène de propulsion : correction	81
Séance 4	Notion d'énergie	82
	📄 Vitesse et énergie cinétique de la fusée à eau	84
Séance 5	Optimisation du vol de la fusée : paramètres à retenir	86
Séance 6	Réalisation d'un prototype de fusée « idéale »	87
Séance 7	Test de la fusée « idéale »	88
	📄 Observation du vol de la fusée et relevé de mesures	89
Séance 8	Deuxième revue de projet	92
<b>MODULE 3</b>	<b>ANALYSE ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS</b>	<b>93</b>
Séance 1	Représentation graphique des données du vol de la fusée « idéale »	95
Séance 2	Analyse des résultats et bilan	96
Séance 3	Présentation des résultats	97
	<b>Glossaire</b>	<b>99</b>



Technologie, Physique, Mathématiques

# Apoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

**CLASSES DE CYCLE 4**

5<sup>E</sup> 4<sup>E</sup> 3<sup>E</sup>

Contenus pédagogiques conçus  
par l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans



**ENSIM**  
École d'ingénieurs  
Le Mans Université





**Apoll'eau : mesures et analyses  
avec des fusées à eau**

# Introduction

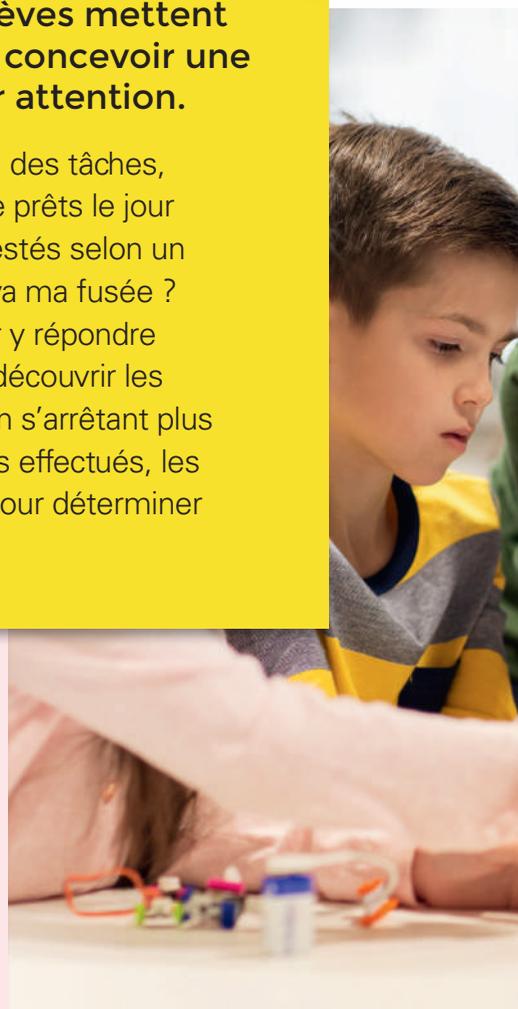
# Apoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

La culture scientifique est une clef indispensable à la compréhension du monde qui nous entoure. L'étude d'une fusée à eau stimule la curiosité des élèves et donne du sens à l'enseignement des mathématiques, des sciences physiques et de la technologie. La thématique Apoll'eau propose d'étudier, de fabriquer et d'expérimenter un engin volant rudimentaire afin d'en comprendre le fonctionnement. Au cours de ce projet les élèves mettent en œuvre une démarche scientifique afin de concevoir une fusée dont les performances retiendront leur attention.

Les élèves vont travailler en équipe, définir une répartition des tâches, mener des recherches et chercher des solutions pour être prêts le jour des lancements. Nombreux paramètres peuvent être testés selon un protocole expérimental rigoureux. Mais à quelle hauteur va ma fusée ? C'est la question que tous les élèves vont se poser ! Pour y répondre ce sont les mathématiques qui vont intervenir en faisant découvrir les différents instruments de mesure à travers le temps, et en s'arrêtant plus particulièrement sur le théodolite. Les relevés de mesures effectués, les élèves réinvestiront les connaissances de trigonométrie pour déterminer l'apogée atteinte par leur fusée.

## Pédagogie

Les séances privilégient largement le travail en groupe. Cette organisation favorise les échanges, la mutualisation et la comparaison des résultats. La pédagogie est rythmée en général par des questions déclenchantes auxquelles l'on propose de répondre par la démarche d'investigation.



**3 modules**  
**21 séances**

**Une progression sur 21 séances**

La progression est organisée sur la base du dialogue entre les disciplines (mathématiques, physique, technologie). Certaines séances sont menées collectivement par les trois enseignants de ces disciplines et d'autres par l'un d'entre eux uniquement.

Le **premier module** constitue une découverte de la problématique par la conception, l'étude et le test d'un prototype de fusée à eau. Le **second module** permet aux élèves d'optimiser ce prototype afin de garantir un vol réussi à la fusée. Enfin, le **troisième module** permet d'analyser, de faire le bilan et de présenter les résultats. Chacun des deux premiers modules se termine par une revue de projet, pour faire le point et vérifier la bonne conduite de ce dernier.

**Itinéraire pédagogique p. 21**



**Mots-clés**

Projet

Fusée

Mesures

Analyses

Conception



## Synthèse des compétences travaillées

### Les langages pour penser et communiquer

#### Comprendre, s'exprimer en utilisant la langue française à l'oral et à l'écrit

- L'élève parle, communique, argumente à l'oral de façon claire et organisée.
- Il écoute et prend en compte ses interlocuteurs.
- L'élève s'exprime à l'écrit pour raconter, décrire, expliquer ou argumenter de façon claire et organisée. Il emploie à l'écrit comme à l'oral un vocabulaire juste et précis.

#### Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques

- L'élève utilise les principes du système de numération décimal et les langages formels (lettres, symboles...) propres aux mathématiques et aux disciplines scientifiques, notamment pour effectuer des calculs et modéliser des situations.
- Il produit et utilise des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels tels que schémas, croquis, maquettes, patrons ou figures géométriques. Il lit, interprète, commente, produit des tableaux, des graphiques et des diagrammes organisant des données de natures diverses.

### Les systèmes naturels et les systèmes techniques

#### Démarches scientifiques

- 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. 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...). Il interprète des résultats statistiques et les représente graphiquement.

#### Conception, création, réalisation

- L'élève imagine, conçoit et fabrique des objets et des systèmes techniques. Il met en œuvre observation, imagination, créativité, sens de l'esthétique et de la qualité, talent et habileté manuels, sens pratique, et sollicite les savoirs et compétences scientifiques, technologiques et artistiques pertinents.

#### Responsabilités individuelles et collectives

- L'élève connaît l'importance d'un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la santé et comprend ses responsabilités individuelle et collective.
- Il observe les règles élémentaires de sécurité liées aux techniques et produits rencontrés dans la vie quotidienne.

### Les représentations du monde et l'activité humaine

#### L'espace et le temps

- Il comprend également que les lectures du passé éclairent le présent et permettent de l'interpréter.
- L'élève se repère dans l'espace à différentes échelles. Il sait situer un lieu ou un ensemble géographique en produisant lui-même des représentations graphiques.

#### Invention, élaboration, production

- L'élève imagine, conçoit et réalise des productions de natures diverses. Pour cela, il met en œuvre des principes de conception et de fabrication d'objets ou les démarches et les techniques de création. Il tient compte des contraintes des matériaux. Il mobilise son imagination et sa créativité au service d'un projet personnel ou collectif.
- Dans le cadre d'activités et de projets collectifs, il prend sa place dans le groupe en étant attentif aux autres pour coopérer ou s'affronter dans un cadre réglementé.

**La formation de la personne et du citoyen**

**Réflexion et discernement**

- L'élève fonde et défend ses jugements en s'appuyant sur sa réflexion et sur sa maîtrise de l'argumentation. Il peut discuter de ces choix ainsi que de quelques grands problèmes éthiques liés notamment aux évolutions sociales, scientifiques ou techniques.
- L'élève sait remettre en cause ses jugements initiaux après un débat argumenté.

**Responsabilité, sens de l'engagement et de l'initiative**

- L'élève coopère et fait preuve de responsabilité vis-à-vis d'autrui.
- L'élève sait prendre des initiatives, entreprendre et mettre en œuvre des projets, après avoir évalué les conséquences de son action.

**Les méthodes et outils pour apprendre**

**Organisation du travail personnel**

- L'élève se projette dans le temps, anticipe, planifie ses tâches. Il gère les étapes d'une production, écrite ou non, mémorise ce qui doit l'être.
- Il comprend le sens des consignes ; il sait qu'un même mot peut avoir des sens différents selon les disciplines.
- Pour acquérir des connaissances et des compétences, il met en œuvre les capacités essentielles que sont l'attention, la mémorisation, la mobilisation de ressources, la concentration, l'aptitude à l'échange et au questionnement, le respect des consignes, la gestion de l'effort.
- Il sait identifier un problème, s'engager dans une démarche de résolution, mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter les erreurs, mettre à l'essai plusieurs solutions, accorder une importance particulière aux corrections.
- L'élève sait se constituer des outils personnels grâce à des écrits de travail, y compris numériques : notamment prise de notes, brouillons, fiches, lexiques, nomenclatures, cartes mentales, plans, croquis, dont il peut se servir pour s'entraîner, réviser, mémoriser.

**Coopération et réalisation de projets**

- L'élève travaille en équipe, partage des tâches, s'engage dans un dialogue constructif, accepte la contradiction tout en défendant son point de vue, fait preuve de diplomatie, négocie et recherche un consensus.
- Il apprend à gérer un projet, qu'il soit individuel ou collectif. Il en planifie les tâches, en fixe les étapes et évalue l'atteinte des objectifs.
- L'élève sait que la classe, l'école, l'établissement sont des lieux de collaboration, d'entraide et de mutualisation des savoirs. Il aide celui qui ne sait pas comme il apprend des autres. L'utilisation des outils numériques contribue à ces modalités d'organisation, d'échange et de collaboration.

**Médias, démarches de recherche et de traitement de l'information**

- Il sait utiliser de façon réfléchie des outils de recherche, notamment sur Internet. Il apprend à confronter différentes sources et à évaluer la validité des contenus. Il sait traiter les informations collectées, les organiser, les mémoriser sous des formats appropriés et les mettre en forme. Il les met en relation pour construire ses connaissances.

**Outils numériques pour échanger et communiquer**

- L'élève sait mobiliser différents outils numériques pour créer des documents intégrant divers médias et les publier ou les transmettre, afin qu'ils soient consultables et utilisables par d'autres. Il sait réutiliser des productions collaboratives pour enrichir ses propres réalisations, dans le respect des règles du droit d'auteur.

## Comment utiliser ce guide ?

### ITINÉRAIRE

Un **itinéraire pédagogique progressif** organisé en **3 modules** et **21 séances** est présenté. L'ordre de mise en œuvre des séances peut être adapté par l'enseignant en fonction de ses projets.

Des **pictogrammes** caractérisent les types de séances :

-  Découverte / Observation
-  Créativité / Réflexion
-  Expérimentation
-  Réinvestissement
-  Synthèse / Communication

Le nombre de **fiches pédagogiques** est précisé pour chaque séance :

-  fiches enseignant
-  fiches élève

Ces modules, composé de plusieurs séances, sont présentés globalement et annoncent les **compétences travaillées** ainsi que les **attendus de fin de cycle**.

### MATÉRIEL

Des documents pour vous aider à **construire votre propre matériel** (base de lancement, fusée...) sont disponibles sur le site du projet MERITE : [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr).

Chaque page *Séance* contient une liste du matériel utile pour son bon déroulement.

### SÉANCES

Les pages **Séance** (liseré jaune) contiennent tout ce dont l'enseignant a besoin pour mener la séance :

- les objectifs visés
- une liste du matériel
- un déroulement détaillé de la séance

 Une durée de la séance est donnée à titre indicatif.

Le déroulement des séances s'organise toujours de la même manière :

- une activité d'immersion
- des points de passages pour développer l'apprentissage visé
- une synthèse des découvertes réalisées par les élèves

 Des **post-it roses** récapitulent le vocabulaire spécifique de la séance et renvoient aux définitions du glossaire (situé à la fin du guide).

 Des **post-it kraft** renvoient à des conceptions naïves des élèves ou bien resituent une notion dans son contexte.

#### DES ENCARTS JAUNES

attirent l'attention sur des points d'organisation pédagogique ou de sécurité.

#### DES ENCARTS GRIS

soulignent les pistes pour aller plus loin.

Les **FICHES Enseignant** viennent compléter les pages **Séance** en apportant des notions supplémentaires ou en donnant des conseils sur l'organisation de la séance.

Des **FICHES Élève** à imprimer et à distribuer à la classe sont à disposition dans le guide et téléchargeables sur le site du projet MERITE.

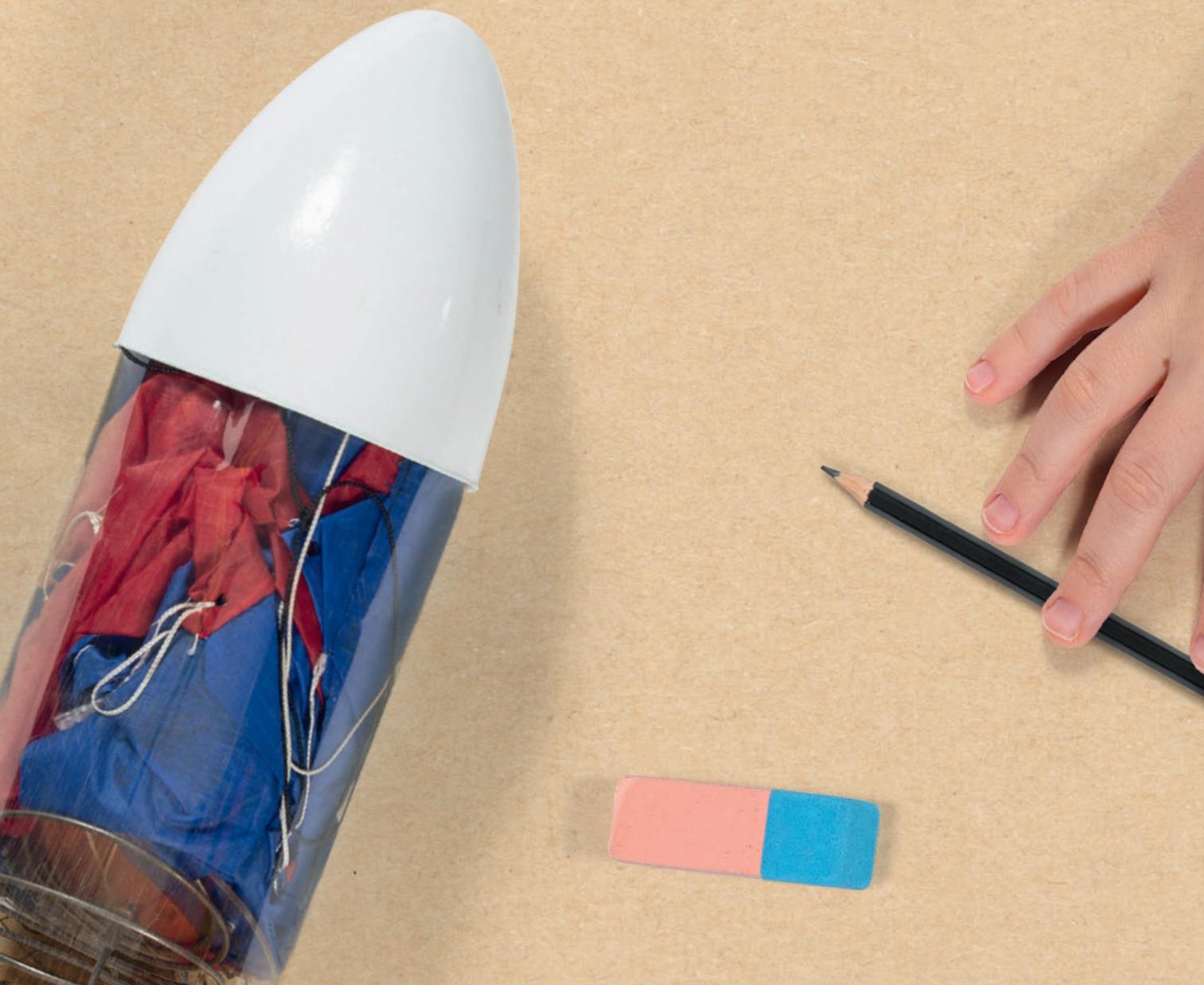
Les ressources numériques utiles à la séance sont disponibles depuis le site du projet MERITE ([www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)).

**Contrairement aux autres thématiques du projet MERITE, la thématique Apoll'eau n'est pas accompagnée d'une mallette de matériel.**

Les enseignants sont invités à construire leur propre matériel à partir des documents disponibles sur les sites du [projet MERITE](#) et de l'[Atelier CANOPÉ 72](#).

## Vous y trouverez

- **1 guide de fabrication de la mallette**  
en format PDF, détaillant les étapes de fabrication
- **1 liste du matériel nécessaire**  
sous forme de tableur Excel
- **1 dossier de fabrication**  
sous forme d'archive, contenant de nombreux fichiers utiles à la fabrication du matériel (pièces 3D, fiches techniques, schémas de circuits imprimés, plans de découpe...)
- **des vidéos explicatives**  
sur la mallette de lancement, l'utilisation des théodolites et la fabrication des prototypes de fusée
- **les fiches élève de chaque séance**  
au format PDF, pour faciliter l'impression à chaque séance





**Apoll'eau : mesures et analyses  
avec des fusées à eau**

# Séances



## Commentaires sur l'itinéraire pédagogique

La page ci-contre présente une proposition d'itinéraire pédagogique. La progression a été conçue pour une mise en œuvre des séances à la suite les unes des autres, dans l'ordre. Cependant, l'enseignant est libre d'adapter son itinéraire au gré de ses envies et de ses besoins. Il peut choisir de modifier l'ordre de certaines séances, de ne pas en réaliser certaines voire d'imaginer des séances supplémentaires. À noter que certaines séances sont menées par l'enseignant de physique, d'autres par celui de technologie ou de mathématiques et certaines séances sont menées collectivement par les trois enseignants.

## Légendes

### Types de séances

-  Découverte / Observation
-  Créativité / Réflexion
-  Expérimentation
-  Réinvestissement
-  Synthèse / Communication

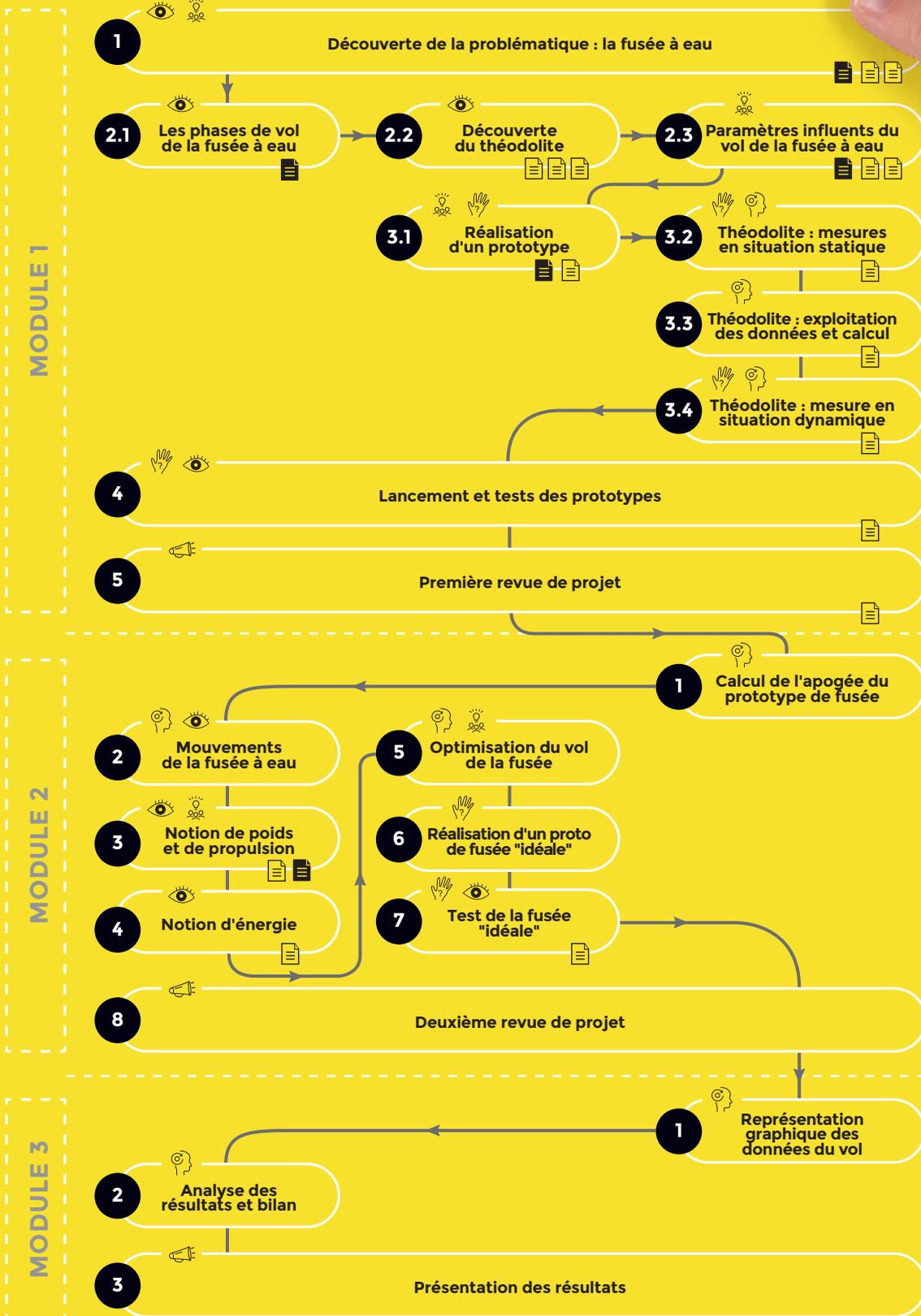
### Fiches pédagogiques

-  Fiches enseignant
-  Fiches élève



# Itinéraire pédagogique

PHYSIQUE	TECHNOLOGIE	MATHÉMATIQUES
----------	-------------	---------------



# MODULE 1

## DÉCOUVERTE DE LA THÉMATIQUE

### Présentation générale

Autour d'un objet ludique et simple en apparence comme la fusée à eau, les élèves sont mis en projet d'observer, de tester, d'analyser, et de se questionner sur ce qui permet d'obtenir un vol optimal. C'est l'occasion pour eux d'explorer des notions de technologie (démarche projet, analyse du fonctionnement d'un objet, cahier des charges, protocole, prototype), de physique (forces, mouvement, énergie), de mathématiques (mesures, analyse de résultats, calculs, représentations spatiales) et de s'intéresser à l'histoire des sciences à travers des objets de mesure. Ils sont mis en situation très concrète de réaliser des prototypes, de les tester, et d'identifier les paramètres susceptibles d'influencer la qualité d'un vol. en vue d'une utilisation plus précise dans un prochain module.

### Apprentissages visés

#### **Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques**

Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant

Participer à l'organisation et au déroulement de projets

#### **Concevoir, créer, réaliser**

Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes

Identifier le(s) matériau(x), les flux d'énergie et d'information dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent

S'approprier un cahier des charges

Associer des solutions techniques à des fonctions

Imaginer des solutions en réponse au besoin

Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution

#### **S'approprier des outils et des méthodes**

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Traduire, à l'aide d'outils de représentation numérique, des choix de solutions sous forme de croquis, de dessins ou de schémas

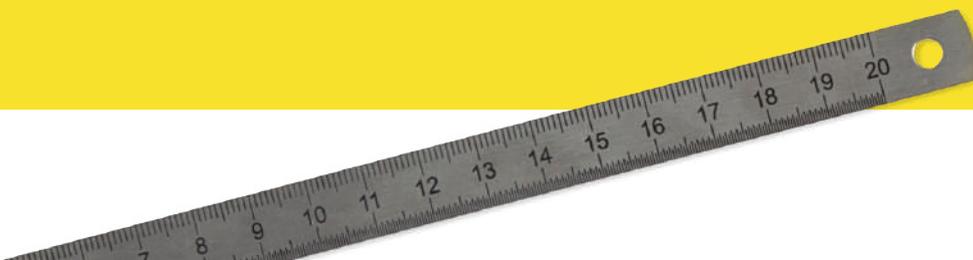
Présenter à l'oral et à l'aide de supports numériques multimédia des solutions techniques au moment des revues de projet



## Références (suite)

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015  
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p><b>Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société</b></p> <p>Comparer et commenter les évolutions des objets et systèmes</p> <p>Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés</p> <p><b>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques</b></p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet</p>	<p>Regrouper des objets en familles et lignées</p> <p>L'évolution des objets</p> <p>Impacts sociétaux et environnementaux</p> <p>Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux. Croquis à main levée. Différents schémas</p> <p>Respecter une procédure de travail garantissant un résultat en respectant les règles de sécurité et d'utilisation des outils mis à disposition</p> <p>Procédures, protocoles</p> <p>Ergonomie</p> <p>Associer des solutions techniques à des fonctions</p> <p>Analyse fonctionnelle systémique</p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, identifier les entrées et sorties</p> <p>Identifier le(s) matériau(x), les flux d'énergie et d'information sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent</p> <p>Sources d'énergies</p> <p>Chaîne d'énergie</p> <p>Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, le fonctionnement, la structure et le comportement des objets</p> <p>Outils de description d'un fonctionnement, d'une structure et d'un comportement</p> <p>Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte</p> <p>Instruments de mesure usuels et moins connus</p> <p>Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant</p> <p>Notions d'écart entre les attentes fixées par le cahier des charges et les résultats de l'expérimentation</p>
<p><b>Croisements entre les enseignements</b></p> <p>Ce module se prête particulièrement au croisement entre les enseignements en impliquant la technologie, la physique, les mathématiques et l'histoire des sciences.</p> <p>Ici seules les références au programme de technologie du cycle 4 sont répertoriées.</p>	



# 10 séances

## Séances du module

SÉANCE

1

Découverte de la problématique : la fusée à eau



SÉANCE

2.1

Les phases de vol de la fusée à eau



SÉANCE

2.2

Découverte du théodolite



SÉANCE

2.3

Paramètres influents du vol de la fusée à eau



SÉANCE

3.1

Réalisation d'un prototype



SÉANCE

3.2

Théodolite : mesures en situation statique



SÉANCE

3.3

Théodolite : exploitation des données et calcul



SÉANCE

3.4

Théodolite : mesure en situation dynamique



SÉANCE

4

Lancement et test des prototypes



SÉANCE

5

Première revue de projet



## Découverte de la problématique : la fusée à eau

Physique, Technologie, Mathématiques



### Objectifs

Observer le vol d'une fusée à eau lancée dans la cour du collège.  
Décrire - en visualisant une vidéo enregistrée lors du lancement - le système du vol, le vol lui-même et noter les questions que l'on se pose.

### Matériel

- base de lancement
- bouteille de soda
- pompe avec manomètre
- caméscope
- diagramme de Gantt  
disponible sur [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)
- FICHE Observation du premier lancement  
1 exemplaire par élève
- FICHE Organisation du projet  
1 exemplaire par élève

### Déroulement pédagogique

1h

#### Immersion

Le groupe d'élèves et les enseignants de toutes les disciplines impliquées dans le projet (mathématiques, physique et technologie) sont réunis dans la cour du collège.

Une bouteille de soda est mise sous pression par un des enseignants et lancée en l'air à l'aide de la base de lancement. La FICHE Notice d'utilisation de la base de lancement fournit plus d'informations à ce propos.

Le vol est filmé par un des enseignants ou un élève expérimenté en vue d'une exploitation lors des séances suivantes.

**Les élèves sont questionnés sur le fonctionnement de la valise de lancement :**

*Quelles sont les fonctions des différents boutons, des vannes ?  
Quel est le rôle du joint torique placé sur le moteur de la fusée ?  
Pourquoi doit-on ouvrir la vanne de dépressurisation pour remplir la bouteille tampon ?  
Comment l'eau passe du module tampon à la fusée ?*

Les enseignants insistent également sur la mise en place de la collerette de la fusée par rapport au diaphragme (question d'intégrité de la base).

#### Points de passage

**Après avoir assisté au vol, les élèves retournent en classe. L'équipe enseignante pose une première question afin de recueillir les premières impressions :**

*Vous venez d'observer le vol d'une fusée à eau.  
Quels sont vos commentaires ? Que pouvez-vous dire des observations réalisées ?  
Que pensez-vous du vol de cette bouteille ?*

**Les enseignants cherchent à mettre en valeur les observations suivantes :**

- le système mis en place a bien permis à la bouteille de s'élever en l'air,
- le système utilise une propulsion par réaction,
- la bouteille ne monte pas forcément en ligne droite, son vol est plutôt erratique.

#### POINT D'ATTENTION

**Il est impératif de respecter quelques consignes de sécurité lors du lancement :**

- avant mise sous pression, respecter une distance minimale de 10 mètres entre les personnes et la base de lancement,
- respecter la pression maximale admissible de 4 bars,
- en cas de problème, utiliser la vanne de dépressurisation.

#### GLOSSAIRE

Diaphragme  
Joint torique  
Réaction

Les élèves sont ensuite invités à compléter la **FICHE Observation du premier lancement** en y notant leurs observations sur le vol de la bouteille.

**Cette fiche va permettre à l'enseignant de faire émerger les conceptions initiales des élèves, sur lesquelles il s'appuiera (et notamment à la suite des questions 2 et 3) pour annoncer la problématique principale du projet, à savoir :**

*Comment obtenir un vol réussi ?*

La problématique doit être clairement énoncée et prise en note sur les cahiers de bord des élèves.

**On s'attend ici à des exemples de verbalisations :**

- une meilleure trajectoire de vol,
- une altitude atteinte plus importante,
- un retour au sol maîtrisé,
- des conditions de sécurité assurées,
- l'acquisition de données de vol précises.

À ce stade du projet, les réponses à la seconde question de la fiche sont loin d'être évidentes pour les élèves. Leurs propositions doivent être retravaillées avec chaque enseignant (physique, mathématiques, technologie) afin de leur permettre de mieux comprendre et cerner ce qui sera étudié et travaillé dans chaque discipline, en lien direct avec la fusée à eau.

Une fois les fiches remplies, les enseignants indiquent aux élèves que ce projet se déroulera sur plusieurs séances, et sera mené par groupes (4-5 élèves). Un diaporama pourra être utilisé à cet effet (ainsi qu'un diagramme de Gantt).

Les groupes sont constitués et les noms des membres sont reportés dans la **FICHE Organisation du projet**.

L'enseignant donnera une définition de ce qu'est un projet en technologie pour un élève, et son pendant pour un ingénieur dans l'industrie, en mettant le focus sur quelques éléments de démarche, à savoir le cahier des charges, le suivi, le journal de bord, la revue de projet...

## ● Découvertes réalisées

**Les acquis de la séance sont rappelés :**

Une fusée à eau est un engin volant constitué d'une bouteille propulsée vers le haut, grâce au principe d'action-réaction, en utilisant de l'eau et de l'air sous pression.

Les enseignants annoncent aux différents groupes qu'ils ont un défi à relever.

**Chaque groupe va devoir :**

- construire sa propre fusée à eau,
- faire des tests du prototype,
- suggérer des modifications permettant d'améliorer la qualité du vol,
- nommer les paramètres de la fusée qui ont été modifiés,
- opérer plusieurs tests afin d'obtenir le meilleur prototype,
- consigner dans un carnet de bord toutes les modifications et paramètres,
- faire des mesures et apprendre à déterminer l'altitude atteinte par la fusée lors de son vol. ■

## 1 Découverte de la problématique : la fusée à eau

# Notice d'utilisation de la base de lancement

### Mise en place du joint torique (dimensions 4 x 24 mm)



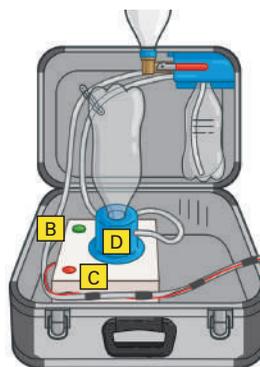
#### POINT D'ATTENTION

En cas d'utilisation d'un bouchon tuyère, celui-ci ne devra en aucun cas avoir un diamètre supérieur au diamètre de la collerette.



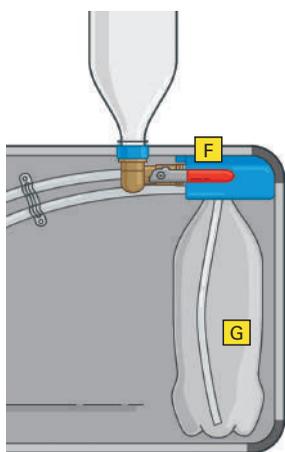
### Installation

- 1 Placer la valise sur une surface plane, allonger entièrement le flexible et raccorder la pompe de gonflage en **A**. La longueur du flexible indique la distance de sécurité.
- 2 Mettre la base sous tension (interrupteur vert **B**)
- 3 Appuyer sur le bouton rouge **C** pour ouvrir le diaphragme **D**, enfoncer le moteur de la fusée afin que la collerette de la bouteille soit nettement sous les diaphragmes (pièce en cuivre). Appuyer à nouveau sur le bouton rouge pour verrouiller la fusée sur la base.



#### POINT D'ATTENTION

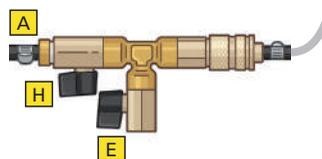
Ne pas appuyer à nouveau sur le bouton rouge avant la mise en place complète de la fusée !



- 4 Ouvrir les vannes de dépressurisation **E** et de remplissage **F** pour remplir la bouteille-tampon **G** du volume d'eau souhaité.
- 5 Refermer les deux vannes **E** et **F** pour mettre le lanceur sous pression (pression max : 4 bars).

#### POINT D'ATTENTION

S'assurer que personne ne se trouve dans un rayon de 10 mètres autour du lanceur sous pression. En cas de problème, utiliser la vanne de dépressurisation avant d'approcher de la valise.



- 6 Si vous le souhaitez, utiliser la dernière vanne **H** pour bloquer la pression souhaitée le temps du décompte final avant lancement.
- 7 Appuyer sur le bouton **C** de la télécommande filaire jusqu'à décollage de la fusée.



## Observation du premier lancement

1. *Décris en quelques mots ce que tu as observé pendant le vol de la bouteille.*

.....

.....

.....

.....

.....

2. *Qu'est-ce, pour toi, un vol réussi de la fusée à eau ?*

.....

.....

.....

3. *Comment réussir ce vol ?*

.....

.....

.....

4. *À quelles questions devons-nous répondre dans les différentes disciplines pour résoudre la problématique ?*

**Technologie :** .....

.....

.....

**Physique :** .....

.....

.....

**Mathématiques :** .....

.....

.....





## Les phases de vol de la fusée à eau

Physique

SÉANCE

2.1

### Objectifs

Comprendre, à partir du visionnage de la vidéo prise en séance 1, qu'un vol de fusée à eau se fait en plusieurs phases, et que plusieurs types de forces s'exercent sur elle.

### Matériel

- vidéo du vol de la fusée livrable de la séance 1
- balance
- papier millimétré

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

L'enseignant fait visionner l'intégralité de la vidéo, et entame ensuite un travail d'identification des différentes phases du vol, grâce une suite de questions.

#### POINT D'ATTENTION

Penser à bien faire démarrer la vidéo avant le décollage, afin d'enregistrer la phase de propulsion.

#### Points de passage

L'enseignant interroge la classe :

*Que fait la fusée ?*

**Réponse possible des élèves :** elle monte et ensuite tombe.

**Remarque de l'enseignant :** il y a donc deux phases (ascendante et descendante).

*Que fait-elle entre ces deux phases ?*

**Réponse possible des élèves :** elle ne fait rien.

**Remarque de l'enseignant :** elle atteint la plus grande hauteur avant d'entamer la phase de descente. On appelle cette hauteur : l'apogée.

*Pourquoi la fusée monte ?*

**Réponse possible des élèves :** elle est envoyée, poussée...

**Remarque de l'enseignant :** elle est propulsée grâce un système que nous verrons plus tard. Cette phase s'appelle phase de propulsion.

*La fusée est-elle soumise à des forces ? Si oui, lesquelles ?*

**Réponse possible des élèves :** la force qui la pousse, celle qui la fait redescendre...

**Remarque de l'enseignant :** cela correspond à la force de propulsion et au poids.

La bouteille est soumise à une autre force, celle due au frottement avec l'air.

#### Découvertes réalisées

Les acquis de la séance sont rappelés et pris en note :

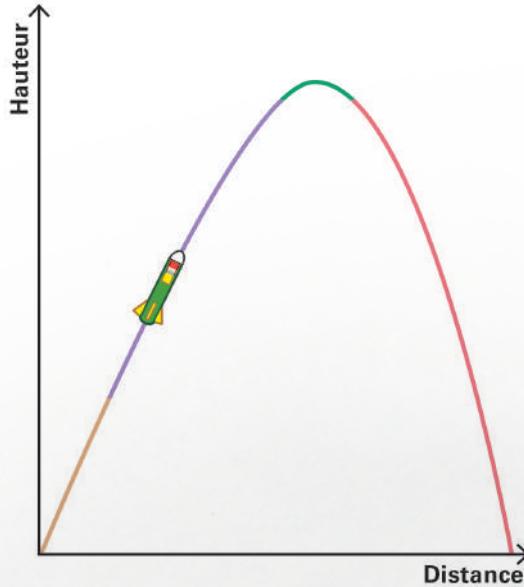
- lors de son vol, la fusée passe par 4 phases (phase de propulsion, phase ascendante, apogée et phase descendante, voir **FICHE** Les 4 phases du vol de la fusée ),
- elle est le siège de plusieurs forces qui s'exercent sur elle, et qui sont responsables de son mouvement.

Ces forces sont au nombre de trois :

- poids de la fusée (c'est une force qui s'exerce au centre de gravité de la fusée),
- la poussée (c'est la force de propulsion qui permet à la fusée de monter),
- la résistance de l'air (c'est une force qui s'oppose à l'avancée de la fusée). ■

## 2.1 Les phases de vol de la fusée à eau

## Les 4 phases du vol de la fusée



## Lors de son vol, la fusée passe par 4 phases :

## 1 Phase de propulsion

Elle commence au lancement de la fusée et se termine lorsque l'eau et l'air sous pression responsables du décollage ont été évacués.

## 2 Phase ascendante

Cette phase correspond à la poursuite de la montée de la fusée, grâce à la vitesse acquise lors de la phase de propulsion. La fusée n'est soumise qu'à son poids et au frottement de l'air.

## 3 Apogée

Elle marque la fin de la phase ascendante et le début de la phase descendante. Il s'agit de la plus haute altitude atteinte par la fusée.

## 4 Phase descendante

Sous l'effet de son poids, la fusée entame sa chute vers le sol. Cette chute est ralentie par les frottements de l'air.





## Découverte du théodolite

Mathématiques

SÉANCE

2.2

### Objectifs

Découvrir les instruments de mesure utilisés par l'Homme à différentes époques, pour mesurer des distances, des angles et déduire des trajectoires.

Décrire et apprendre à utiliser un théodolite en mesurant quelques grandeurs mathématiques dans l'enceinte du collège.

### Matériel

- **théodolites**
- **ordinateurs** connectés à internet
- **FICHE** Réalisation d'une frise chronologique  
1 exemplaire par élève
- **FICHE** Initiation à l'utilisation du théodolite  
1 exemplaire par élève

### Déroulement pédagogique



2h

#### Immersion

L'enseignant introduit la séance en revenant sur les découvertes de la précédente séance, et en particulier la notion d'apogée, et interroge les élèves :

*Qu'est-ce, pour vous, un vol réussi ?*

**Réponse possible des élèves :** que la fusée aille le plus haut possible.

*Entre deux vols réussis, comment faire pour identifier le meilleur ?*

**Réponse possible des élèves :** il faut comparer les hauteurs.

*Comment faire pour connaître la hauteur ?*

**Réponse possible des élèves :** il faut la mesurer.

**Remarque de l'enseignant :** il nous faut donc un instrument et apprendre à l'utiliser afin de pouvoir faire ces mesures.

#### Points de passage

##### HISTOIRE DES SCIENCES

La première partie de la séance va permettre aux élèves de découvrir les instruments de mesure et d'acquérir des repères historiques, par la réalisation d'une frise chronologique à l'aide d'une recherche documentaire (**FICHE** Réalisation d'une frise chronologique), distribuée aux élèves),

**Le but de cet exercice est multiple :**

- enrichir les connaissances des élèves,
- les orienter vers la recherche documentaire d'instruments de mesure de hauteur (en utilisant internet),
- inscrire la technologie et les sciences physiques et mathématiques dans l'Histoire.

#### GLOSSAIRE

Théodolite



## 2.2 Découverte du théodolite

## MESURE D'UNE HAUTEUR

La seconde partie de la séance est consacrée à initier les élèves à l'utilisation des théodolites afin de mesurer des hauteurs.

Cette initiation est faite à partir de photos (voir **FICHE** Initiation à l'utilisation du théodolite , distribuée aux élèves). Les élèves pourront également observer les théodolites mis à disposition.

Quelques éléments de correction de la fiche élève :

## 3. Les parties du théodolite

- A. Visée de la fusée
- B. Poignée de prise en main permettant de modifier l'angle horizontal et l'angle vertical
- C. Rapporteur donnant la mesure de l'angle vertical
- D. Position de l'œil de la personne récupérant les données
- E. Bulles permettant de vérifier que la base est bien horizontale
- F. Base
- G. Rapporteur donnant la mesure de l'angle horizontal
- H. Trépied

## 4. Lecture du théodolite

Angle vertical :  $37^\circ$

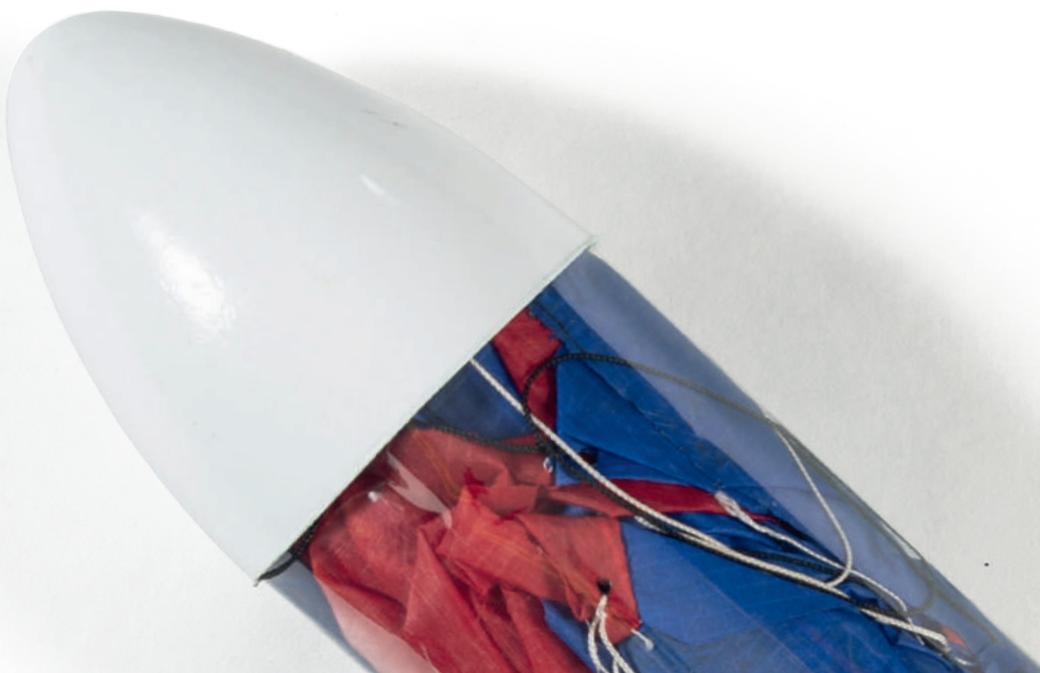
Angle horizontal 1 :  $19^\circ$

Angle horizontal 2 : environ  $11^\circ$

## ● Découvertes réalisées

Les acquis de la séance sont pris en note :

- Nous avons appris qu'il est possible de mesurer la hauteur d'un objet, par exemple notre fusée à eau, en utilisant des instruments basés sur la mesure d'angles horizontaux et verticaux.
- Le théodolite est un exemple de ces instruments, auquel nous avons été initiés grâce notamment à la découverte de l'exemplaire du collègue. ■



## Réalisation d'une frise chronologique

**OBJECTIF : réaliser une frise chronologique murale collective présentant des instruments de mesure de longueurs et/ou d'angles, ainsi que certaines innovations technologiques ayant permis leur évolution.**

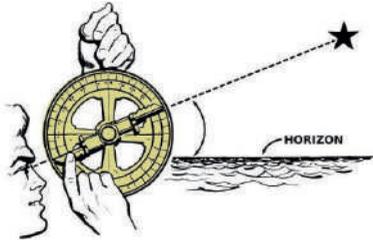
*Vous allez travailler par binôme :*

**1** Par tirage au sort, 4 ou 5 éléments vous seront attribués.

Chaque élément sera soit un instrument de mesure de longueur ou/et d'angle, soit une innovation technologique ayant permis l'évolution d'un instrument.

Ces éléments pourront prendre la forme suivante : un nom d'instrument ou une innovation technologique, une image ou un principe de fonctionnement.

*Exemple de tirage au sort pouvant être attribué à un binôme :*

<p><b>Elément 1</b></p> 	<p><b>Elément 3</b></p> 
<p><b>Elément 2</b></p> <p>Instrument de mesure formé d'une règle graduée flexible, pouvant s'enrouler et qui permet de mesurer des surfaces courbes. Il est utilisé notamment en couture.</p>	<p><b>Elément 4</b></p> <p>Le laser</p>

**2** Pour chaque élément, vous aurez à effectuer une recherche afin de recueillir les informations suivantes :

- le nom de l'instrument ou de l'innovation,
- la date de son invention (ou de sa première utilisation recensée lorsqu'il n'y a pas de date d'invention attestée),
- le (ou les) inventeur(s) (lorsque c'est possible),
- le principe de fonctionnement,
- une image qui l'illustre.

**3** Pour chaque élément les informations seront présentées sur une fiche dont le format n'excédera pas un A4. La présentation sera dactylographiée et respectera une chartre graphique commune.

**4** Les quatre ou cinq fiches que vous aurez réalisées, ainsi que celles faites par les autres binômes, seront positionnées sur une frise chronologique murale.

## Liste d'instruments pouvant être recherchés

Instruments	Date	Inventeur
Alidade	Hipparque l'utilisa au II <sup>e</sup> siècle av. JC	Non identifié
Altimètre	1877	Louis-Paul CAILLETET
Astrolabe	II <sup>e</sup> siècle avant JC	HIPPARQUE
Cercle répétiteur	Vers 1775	Étienne LENOIR
Chaîne d'arpenteur	Début du XVII <sup>e</sup> siècle	Edmund GUNTER
Chevillière / décamètre		Non identifié
Chorobate	Époque romaine	Non identifié
Compas	Instrument très ancien (Antiquité)	Non identifié
Corde à 13 nœuds	Sources discordantes	Non identifié
Dioptra (dioptre)	Au moins III <sup>e</sup> siècle avant JC	Non identifié
Équerre	Egypte ancienne (XII <sup>e</sup> siècle avant JC)	Non identifié
Goniomètre	Vers 1780	Arnould CARANGEOT
Graphomètre	1597	Philippe DANFRIE
Mètre ruban	Vers 1814	F.A. BARDE
Micromètre (palmer)	1848	Jean-Laurent PALMER
Niveau à bulle	1660	Melchisédech THÉVENOT
Octant	Vers 1730	John HADLEY
Odomètre	Antiquité (vers III <sup>e</sup> siècle avant JC)	notamment ARCHIMÈDE
Pied à coulisse	1631	Pierre VERNIER
Podomètre	1780	Abraham-Louis PERRELET
Quadrant	II <sup>e</sup> siècle	PTOLÉMÉE
Rapporteur		Non identifié
Règle graduée	1500 avant JC (Inde)	Non identifié
Sextant moderne	Vers 1730	John HADLEY & Thomas GODFREY
Tachéomètre	1835 (ne reçoit son nom qu'en 1875)	Ignazia PORRO
Télémètre	1769 (nommé vers 1821 par Selligue)	James WATT
Théodolite	Vers 1551 (nommé en 1571)	Leonard DIGGES
Vernier	1631	Pierre VERNIER

À cette liste, on peut ajouter certaines inventions qui ont pu permettre l'évolution de certains de ces instruments, telles que :

- le système métrique
- le télescope à miroirs (télescope grégorien)
- la lunette astronomique
- le laser
- le sonar
- le radar
- le GPS
- le téléphone mobile

## Exemple de production-type

Les affiches des élèves pourront être disposées le long d'une frise chronologique murale qui pourra être conservée tout au long de l'année scolaire.



## Exemple d'affiche d'élèves

### **ASTROLABE**

#### **Principe de fonctionnement**

À partir de la hauteur d'un astre par rapport à l'horizon, il permet de déterminer l'heure et les horaires du lever et du coucher du Soleil, de mesurer des distances inaccessibles, de s'orienter ou encore de connaître la date. Il est utilisé pour localiser la position des corps célestes (soleil, lune et étoiles). Il comprend un plateau, le mater, où figure la carte du monde et dont le bord extérieur, le limbe, est graduée en degrés. Un cercle ajouré, l'araignée, porte la position des principales étoiles. Un bras tournant, l'alidade, permet d'effectuer les mesures.



#### **Date / Inventeur**

Il a été mis au point par l'école d'Alexandrie au III<sup>e</sup> siècle avant JC. Son usage s'est développé autour du VIII<sup>e</sup> siècle.

#### **Étymologie**

Du grec ancien *astrolabos* via le latin médiéval *astrolabium* « preneur d'astres ».



**3 Les parties du théodolite**

Compléter les bulles à l'aide des informations suivantes :

- Rapporteur donnant la mesure de l'angle horizontal
- Visée de la fusée
- Rapporteur donnant la mesure de l'angle vertical
- Trépied
- Position de l'œil de la personne récupérant les données
- Poignée de prise en main permettant de modifier l'angle horizontal et l'angle vertical
- Bulles permettant de vérifier que la base est bien horizontale
- Base

The diagram shows a white theodolite mounted on a yellow tripod. Eight callout boxes, labeled A through H, are connected to specific parts of the instrument by thin black lines:

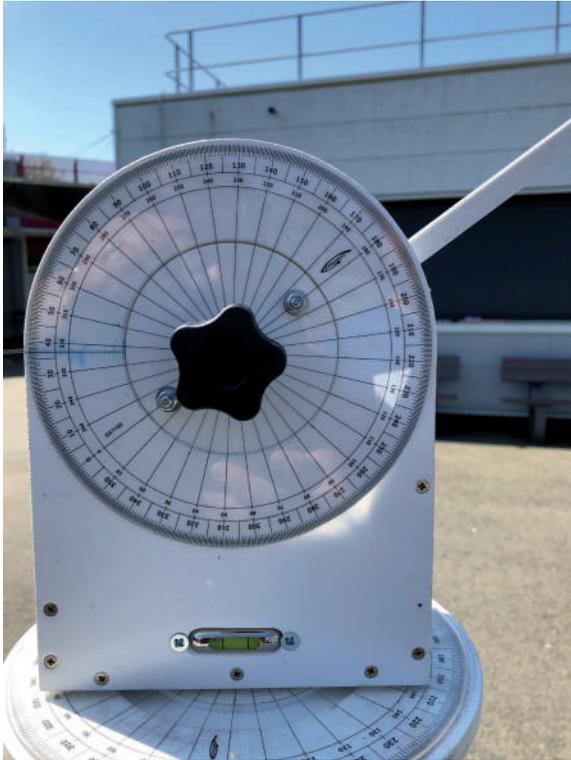
- A:** Points to the top horizontal scale (horizontal angle scale).
- B:** Points to the central black adjustment knob.
- C:** Points to the vertical scale (vertical angle scale).
- D:** Points to the eyepiece on the left side.
- E:** Points to the main body of the theodolite.
- F:** Points to the base of the theodolite.
- G:** Points to the tripod.
- H:** Points to a bubble level on the base.

**2.2** Découverte du théodolite

**4** Lecture du théodolite

Lire correctement la mesure des angles sur le théodolite.

**Angle vertical**



**Quelle est la mesure de l'angle vertical ?**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**Angle horizontal**

Pour la mesure des angles horizontaux, il faut, de plus, préciser si le théodolite a pivoté vers la droite ou vers la gauche lors de la visée.

On écrira, par exemple, 51°G si on a tourné le théodolite de 51° vers la gauche et 15°D si on a tourné le théodolite de 15° vers la droite.



**Quelle est la mesure de l'angle horizontal ?**

.....  
 .....  
 .....



## Paramètres influents du vol de la fusée à eau

Technologie



### Objectifs

Nommer les constituants d'une fusée.

Évaluer l'influence de chacun d'eux sur la nature et la qualité d'un vol.

### Déroulement pédagogique



**!** Dans cette séance, le terme « constituant » est remplacé par celui de « paramètre ».

### Matériel

- ordinateurs connectés à internet
- **FICHE** Découverte de la fusée à eau  
1 exemplaire par élève
- **FICHE** Conception d'une fusée à eau  
1 exemplaire par élève

### Immersion

Les élèves ont identifié les éléments de la fusée et vont s'intéresser aux éléments susceptibles d'influencer la qualité du vol.

L'enseignant prend le temps de les lister collectivement à partir de la **FICHE** Organisation du projet (séance 1) et interroge les élèves :

*De quoi est constituée une fusée à eau ?*

Les réponses des élèves sont inscrites au tableau.

### Points de passage

Les élèves sont invités à faire une recherche documentaire, et à noter les différentes parties d'une fusée à eau et leur rôle. L'enseignant recommande aux élèves de chaque groupe de se répartir ce travail de recherche, et de mutualiser par la suite pour compléter le document (fiches élève). Les réponses à la **FICHE** Découverte de la fusée à eau sont données dans la **FICHE** Découverte de la fusée à eau : éléments de correction .

Tous les résultats sont présentés, et une discussion est lancée afin d'établir une liste de paramètres qui soit commune à toute la classe.

Les paramètres à tester sont répartis par groupe :

- |                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| - quantité d'eau,        | - forme des ailerons,            |
| - salinité,              | - position du centre de gravité, |
| - diamètre de la tuyère, | - forme de l'ogive,              |
| - position des ailerons, | - présence d'une jupe,           |
| - nombre d'ailerons,     | - ...                            |

Les élèves répondent à la première question de la **FICHE** Conception d'une fusée à eau .

### Découvertes réalisées

Les acquis de la séance sont pris en note :

La fusée est constituée de plusieurs parties (qui sont autant de paramètres) qui ont une influence sur le comportement de la fusée lors de son vol. Il est donc important de les étudier séparément et connaître ainsi l'influence de chacun. ■

### GLOSSAIRE

Ogive

Tuyère

## Découverte de la fusée à eau : éléments de correction

Cette fiche donne des éléments de corrections de la **FICHE** Découverte de la fusée à eau .

### 1. Décrire le principe de fonctionnement d'une fusée à eau

C'est une bouteille (type eau minérale ou soda) remplie d'eau (approximativement 1/3) et d'air mis sous pression à l'aide d'une pompe à vélo, et fermée grâce à un bouchon. Lorsque ce dernier est enlevé, l'air emprisonné va éjecter l'eau dans un sens, ce qui aura pour effet de propulser la bouteille dans l'autre sens.

Ainsi, si l'eau est éjectée vers le bas (le sol), la bouteille partira vers le haut (principe d'action et de réaction).

Pourquoi propulser la bouteille avec de l'eau et pas avec de l'air ?

La raison s'explique par le principe de la quantité de mouvement (Masse x Vitesse) qui doit être conservée.

Au départ, le système eau + bouteille est au repos, sa vitesse est nulle, donc la quantité de mouvement totale est nulle.

Au lancement de l'eau, la quantité de mouvement de l'eau n'est plus nulle, et doit donc être compensée par une quantité de mouvement de la fusée afin que la somme totale soit toujours égale à 0.

La masse intervient dans la quantité de mouvement et donc, pour une même vitesse, celle de l'eau serait plus importante que celle de l'air, et par voie de conséquence celle de la fusée aussi (et opposée). Il y a donc un avantage à utiliser l'eau plutôt que l'air dans la fusée.

### 2. De quoi est constituée une fusée à eau ?

- **Une bouteille d'eau** (minérale ou gazeuse) : c'est la partie principale.
- **La tuyère** : c'est le goulot de la bouteille, grâce auquel est contrôlé le débit d'eau propulsé.
- **L'eau** : remplit au tiers le volume de la bouteille. C'est son éjection par l'air sous pression qui permet à la bouteille d'être propulsée.
- **L'air** : maintenu sous pression dans la bouteille, il assure la propulsion de l'eau lors de l'ouverture de la bouteille.
- **L'ogive**
- **La jupe**
- **Un parachute** pour la phase de descente

### 3. Légender le schéma de la fusée à eau

**En haut, de gauche à droite** : ailerons, moteur, parachute.

**En bas, de gauche à droite** : tuyère, joint torique, jupe, module électronique (acquisition des données et gestion du parachute), ogive.

### 4. Quels sont les paramètres qui peuvent influencer le vol d'une fusée à eau ?

- quantité d'eau
- salinité
- diamètre de la tuyère
- position des ailerons
- inclinaison des ailerons
- nombre d'ailerons
- forme des ailerons
- surface des ailerons
- position du centre de gravité
- masse de la fusée
- volume du moteur
- forme du moteur
- forme de l'ogive
- présence d'une jupe
- ...



## Conception d'une fusée à eau

1. Proposer trois solutions différentes pour tester votre paramètre.

Exemples :

- **Pour l'eau** : choisir 3 quantités d'eau différentes
- **Pour le diamètre de la tuyère** : choisir 3 valeurs différentes



*Attention, un seul paramètre doit être modifié à la fois ! Par exemple, les élèves travaillant sur la surface des ailerons devront compenser la moindre masse des ailerons plus petits.*

Dessin de la 1 <sup>re</sup> solution	Matériel nécessaire

Dessin de la 2 <sup>e</sup> solution	Matériel nécessaire

**2.3 Paramètres influents du vol de la fusée à eau**

Dessin de la 3 <sup>e</sup> solution	Matériel nécessaire

2. Quelles difficultés avez-vous rencontrées lors de la réalisation de vos trois solutions ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



*Ne pas oublier de prendre des photos de vos réalisations pour illustrer votre travail !*



## Réalisation d'un prototype

Technologie

SÉANCE

3.1

### Objectifs

Construire par groupe de 4-5 élèves un premier prototype d'une fusée à eau, en utilisant le matériel mis à disposition, et en suivant un protocole fourni.

### Matériel

- bouteilles en plastique
- carton
- plastique
- toile de spi
- polypropylène
- bois
- adhésif
- cutter
- paire de ciseaux
- machine à coudre
- photo de fusée
- photos de parachute
- **FICHE** Protocole de réalisation d'un prototype de fusée  
1 exemplaire par élève

### Déroulement pédagogique



#### ○ Immersion

L'enseignant annonce aux élèves qu'ils vont réaliser leur propre prototype de fusée à eau, à partir d'un matériel mis à leur disposition, et d'un protocole de fabrication fourni.

L'enseignant rappelle l'importance d'un protocole (voir **FICHE** Le protocole en sciences ).

#### POINT D'ATTENTION

*Sans trop anticiper sur la suite du module, l'enseignant peut d'ores et déjà préciser qu'ils vont devoir procéder à des tests et des prises de mesures, et opérer possiblement des modifications.*

**L'enseignant dispose les élèves par groupe, et leur demande :**

*J'ai vu dans vos fiches projet que vous souhaitiez tous lancer une fusée. Le problème est que la classe ne dispose que d'un seul exemplaire.*

*Comment allons-nous faire pour permettre à toutes les équipes de faire des lancers ?*

**Réponses possibles des élèves :** se procurer d'autres exemplaires.



**3.1 Réalisation d'un prototype****Points de passage**

L'enseignant annonce aux élèves que chaque équipe doit fabriquer sa propre fusée.

**CONSIGNES ET PRÉCISIONS**

Il est important de bien présenter les consignes en amont.

**Chaque groupe doit :**

- faire un dessin du prototype qu'elle souhaite réaliser,
- choisir, parmi le matériel mis à disposition, celui dont elle a besoin,
- comprendre le protocole de fabrication à partir de la **FICHE Protocole de réalisation d'un prototype de fusée**,
- suivre une procédure de fabrication élément par élément,
- se répartir les tâches au sein de l'équipe,
- faire l'assemblage final de tous les éléments.

L'enseignant précise par ailleurs qu'en lien avec la séance précédente (2.3) et en prévision des tests sur les paramètres, chaque équipe devra produire **3 prototypes** dans lesquels un seul paramètre est modifié à chaque fois (par exemple le diamètre de la tuyère). Amener les élèves à réfléchir à la façon de compenser les autres paramètres éventuellement collatéralement modifiés.

**POINT D'ATTENTION**

*L'enseignant peut rappeler aux élèves l'importance de ces tests qui permettent de voir (expérimentalement) que le choix d'une valeur d'un paramètre plutôt qu'une autre (par exemple la quantité d'eau) a une influence directe sur la nature du vol de la fusée.*

**FABRICATION**

Chaque groupe se voit attribuer un paramètre (par l'enseignant ou lors d'une discussion collective).

**Les groupes mettent en place une organisation pour :**

- répondre au défi posé, à savoir la production de 3 prototypes,
- bien noter le paramètre qui leur a été attribué,
- finir la production dans le temps imparti.

**Découvertes réalisées**

L'enseignant fait remarquer aux élèves qu'en suivant un protocole, et en mettant en place une organisation efficace de travail en équipe, ils ont réussi à fabriquer leurs 3 prototypes de fusée à eau, et qu'ils auront l'occasion de les tester lors d'une prochaine séance. ■

## Le protocole en sciences

### Importance du protocole expérimental en sciences

#### **LE PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL OCCUPE UNE PART IMPORTANTE DANS LES SCIENCES CAR IL PERMET :**

- de mieux s'approprier un sujet,
- de se poser des questions (sur le problème, quel matériel utiliser, quelles étapes dans le protocole, ne faire varier qu'un paramètre à la fois),
- de travailler en groupe et se répartir les tâches (créer un planning),
- de schématiser les expériences,
- d'observer et recueillir des données,
- d'interpréter des résultats,
- de conclure.

*Il fait donc intervenir un très grand nombre de compétences.*

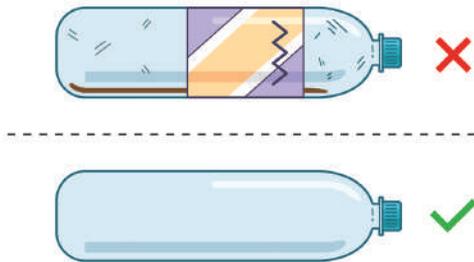
## 3.1 Réalisation d'un prototype

## Protocole de réalisation d'un prototype de fusée

## Matériel

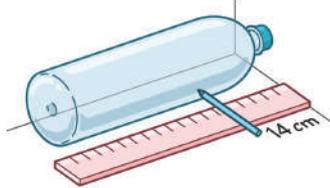
- **2 bouteilles en plastique pour boisson gazeuse de 1,5 L**  
bouteilles cylindriques non rainurées
- **plastique de blister**  
type emballage de pâtisseries de supermarché, peut être remplacé par de la cartonnée
- **ruban adhésif d'électricien**
- **ruban adhésif double-face**
- **1 feutre fin**
- **1 réglet**  
ou règle d'au moins 30 cm
- **1 cutter**  
grand modèle
- **1 paire de ciseaux**
- **1 agrafeuse**  
grand modèle avec agrafes 6 mm

## 1 Nettoyer les bouteilles et enlever leurs étiquettes

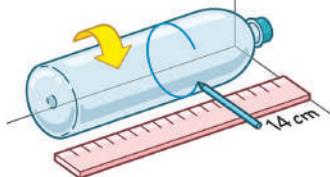


## 2 Tracer la découpe de la bouteille n1

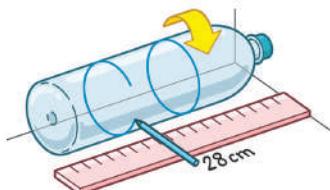
- poser la bouteille contre un coin de mur avec le bouchon en butée, puis positionner le feutre à 14 cm du mur



- faire tourner la bouteille pour tracer la découpe avec le feutre

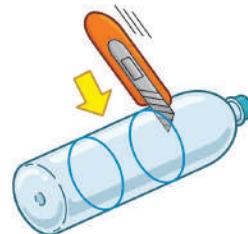


- recommencer à 28 cm du mur

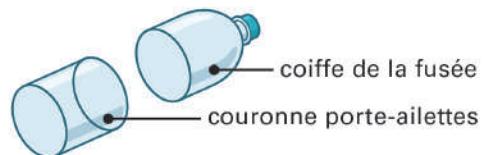
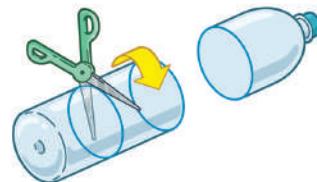


## 3 Découper la bouteille n1 selon les tracés

- amorcer la découpe avec le cutter



- découper aux ciseaux puis jeter le fond



## 4 Tracer l'implantation des ailettes de la fusée

- noter le diamètre de la bouteille sur le papier

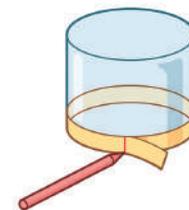
- dérouler



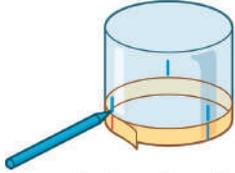
- mesurer



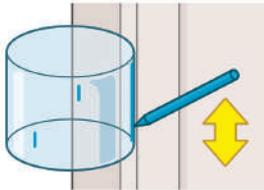
- diviser en 3



- réenrouler et reporter les mesures sur le cylindre

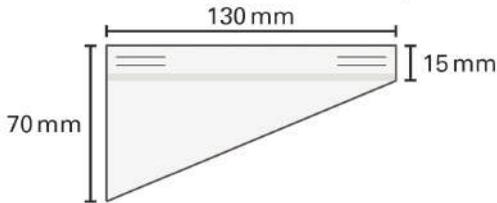


- tracer les génératrices du cylindre en se guidant contre une encoignure de porte

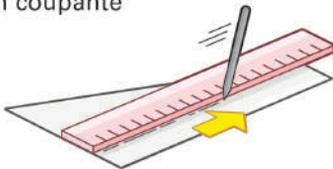


**5 Préparer les ailettes de la fusée**

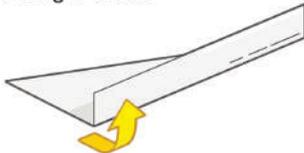
- dans une feuille de matière plastique (« blister » de boîte à gâteaux), tracer les trois ailettes, puis les découper



- marquer le pli avec une pointe non coupante

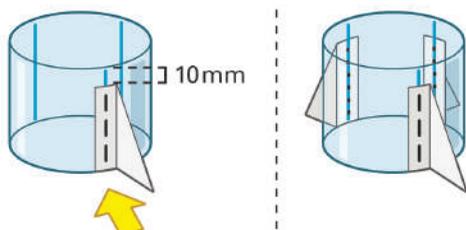


- plier à angle droit



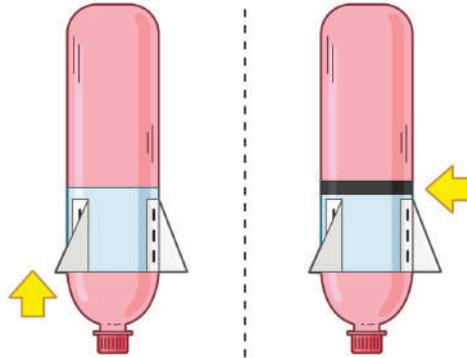
**6 Fixer les ailettes sur la couronne**

- agrafer les trois ailettes sur la couronne

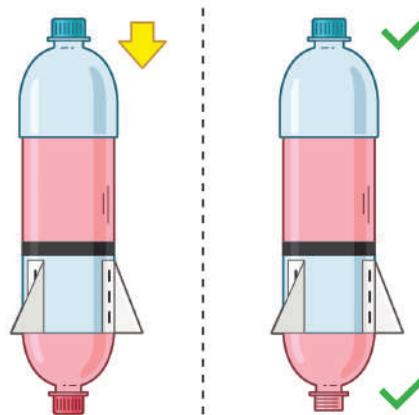


**7 Assembler la fusée à partir des bouteilles**

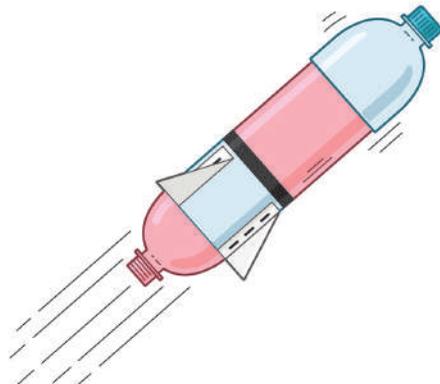
- enfiler la couronne porte-ailettes sur la bouteille n2 (restée entière) en gardant le goulot bien dégagé, puis fixer la couronne avec deux tours de ruban adhésif



- placer la coiffe sur la fusée. Garder la coiffe bouchonnée, et déboucher la bouteille n2



**8 Et voici le moment du lancement !**



## Théodolite : mesures en situation statique

Mathématiques



### Objectifs

Mesurer une distance par rapport au sol d'un point fixe à l'aide d'un théodolite.

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

L'enseignant rappelle aux élèves qu'en séance 2.2, la notion de mesure d'angles avec un théodolite a été abordée, et qu'il est possible de déterminer la hauteur d'un objet, ou plus exactement sa distance par rapport au sol.

#### Points de passage

L'enseignant demande aux élèves de se mettre par groupe, et attribue un théodolite à chacun d'eux.

Il leur précise qu'ils vont prendre des mesures qu'ils vont devoir consigner dans la **FICHE** Prendre des mesures et calculer l'apogée de la fusée, dans laquelle les informations suivantes doivent figurer :

- distances de théodolite à théodolite, du théodolite à la base,
- hauteur des théodolites,
- mesure des angles horizontaux et verticaux.

Si ces précautions sont bien respectées, la mesure aura les caractéristiques d'une bonne mesure, c'est-à-dire des résultats corrects et donc exploitables.

#### Découvertes réalisées

L'intérêt d'utiliser un théodolite pour le projet est précisé.

Les élèves ont appris à utiliser un théodolite, et ont mis en pratique ce qu'ils avaient compris en séance 2.2, à savoir qu'un théodolite permet de mesurer des angles horizontaux et verticaux d'un point éloigné.

Les élèves expliquent comment on utilise un théodolite et ce que cet instrument mesure (donnée obtenue et son unité). ■

### Matériel

- **théodolites**
- **1 point éloigné** dont on cherche la distance au sol
- **vidéo « Théodolite (4.2) »** disponible sur [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)
- **décamètres et mètres**
- **FICHE** Prendre des mesures et calculer l'apogée de la fusée  
1 exemplaire par élève

#### POINT D'ATTENTION

*L'enseignant doit vérifier que les mesures sont correctement effectuées, à savoir que :*

- la prise en main est judicieuse,
- le positionnement de l'œil est bon,
- la lecture des données est maîtrisée.

#### POUR ALLER PLUS LOIN...

##### Exemples d'utilisation du théodolite :

- réalisation des mesures pour un lever topographique (fait par un géomètre par exemple),
- mesure de points du relief pour reconstituer un site archéologique en 3D,
- mesures géodésiques...

# Prendre des mesures et calculer l'apogée de la fusée

## Avant de commencer

Vérifier à l'aide des bulles que la base est bien horizontale.  
Si besoin, modifier les longueurs des différents pieds du trépied.

## Comment effectuer une bonne visée ?

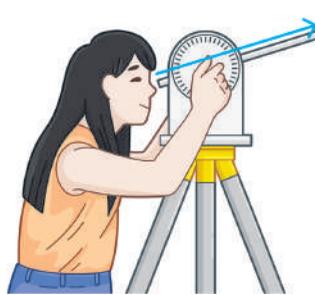
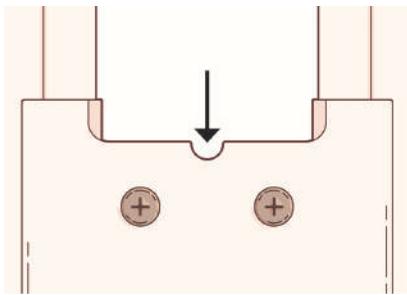
Placer les bras de part et d'autre du théodolite en maintenant fermement les poignées des deux mains.

Placer l'œil au niveau de la pointe de la flèche noire et regarder en direction de la visée.

Une fois que l'œil est bien placé, viser la cible.

● **Vue de côté**

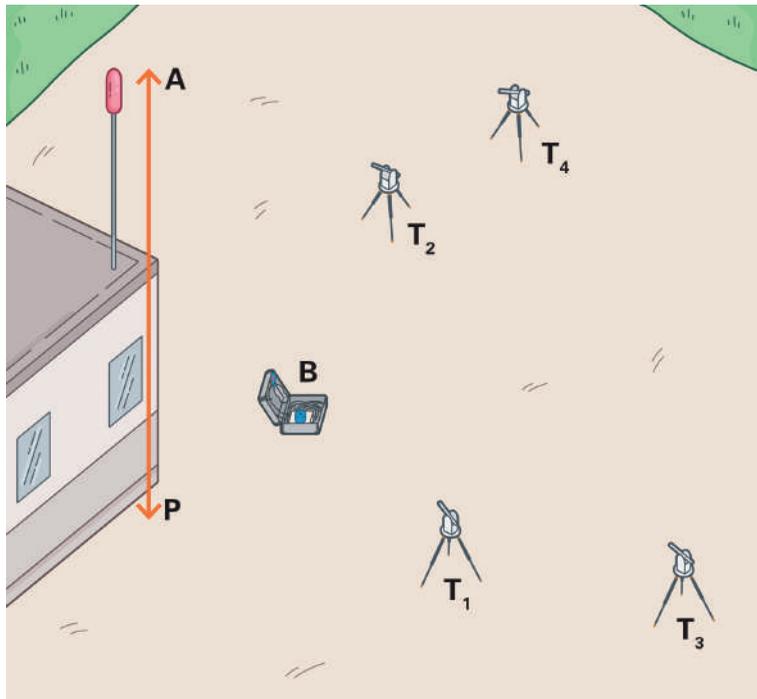
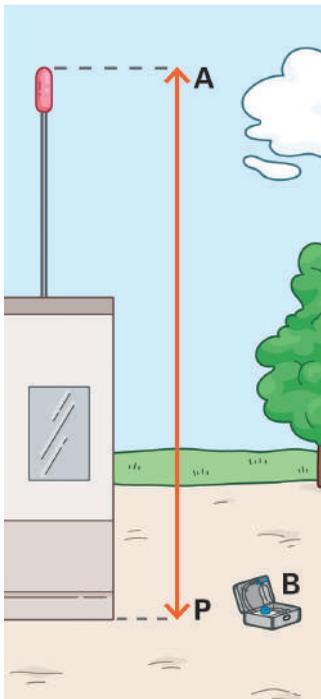
● **Vue de face**



## Prise des mesures

L'activité que vous allez effectuer se fait sur la cour.

**OBJECTIF :** déterminer, à l'aide du théodolite, la longueur AP correspondant à la distance du sommet A de la fusée au sol P.



## 3.2 Théodolite : mesures en situation statique

Dans tout ce qui suit les longueurs prises seront exprimées en centimètres.

## 1 Le théodolite

Mesurer la distance du sol au-dessous du plateau contenant le rapporteur horizontal :

$h'_1 = \dots\dots\dots$	$h'_2 = \dots\dots\dots$	$h'_3 = \dots\dots\dots$	$h'_4 = \dots\dots\dots$
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Mesurer la distance du dessous du plateau contenant le rapporteur horizontal au centre de la poignée noire :

.....

En déduire la hauteur  $h$  des théodolites :

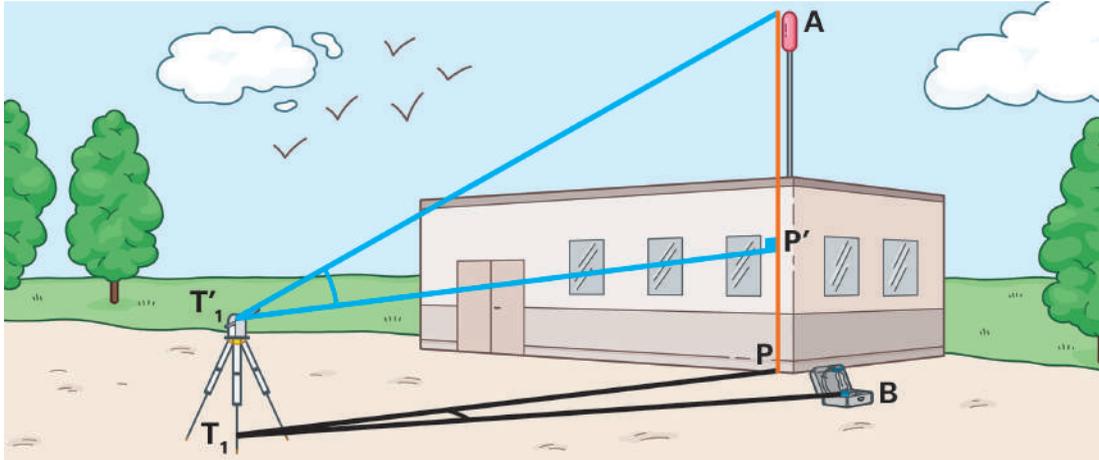
$T_1 T'_1 = \dots\dots\dots$	$T_2 T'_2 = \dots\dots\dots$	$T_3 T'_3 = \dots\dots\dots$	$T_4 T'_4 = \dots\dots\dots$
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

## 2 Distances utiles

À l'aide d'un décimètre, mesurer les longueurs suivantes :

$BT_1 = \dots\dots\dots$	$BT_2 = \dots\dots\dots$	$BT_3 = \dots\dots\dots$	$BT_4 = \dots\dots\dots$
$T_1 T_2 = \dots\dots\dots$	$T_1 T_4 = \dots\dots\dots$	$T_3 T_2 = \dots\dots\dots$	$T_3 T_4 = \dots\dots\dots$

**3 Utiliser le théodolite pour calculer l'apogée de la fusée**



À l'aide du théodolite 1, mesurer les angles :

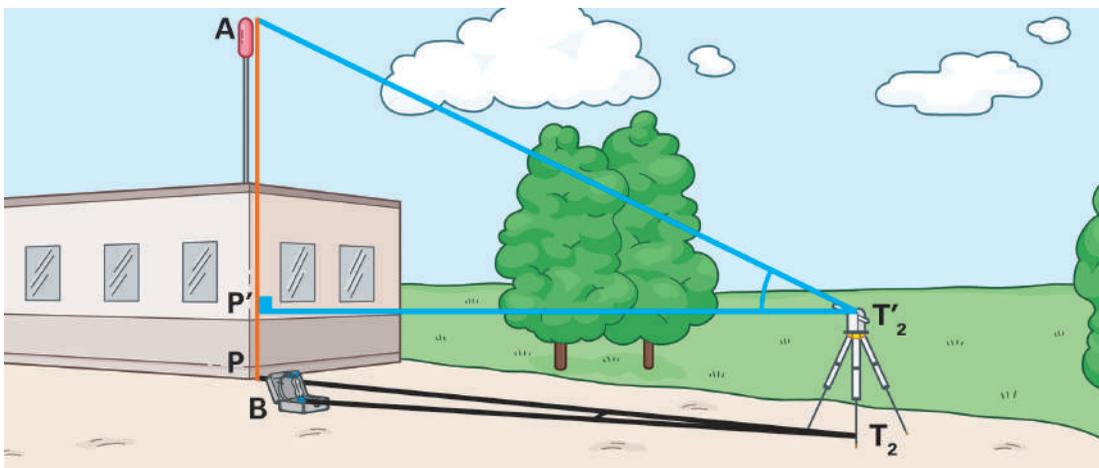
$\widehat{AT'_1P'} = \dots\dots\dots$  (angle vertical)

$\widehat{BT_1P} = \dots\dots\dots$  (angle horizontal)

À l'aide du théodolite 3, mesurer les angles :

$\widehat{AT'_3P'} = \dots\dots\dots$  (angle vertical)

$\widehat{BT_3P} = \dots\dots\dots$  (angle horizontal)



À l'aide du théodolite 2, mesurer les angles :

$\widehat{AT'_2P'} = \dots\dots\dots$  (angle vertical)

$\widehat{BT_2P} = \dots\dots\dots$  (angle horizontal)

À l'aide du théodolite 4, mesurer les angles :

$\widehat{AT'_4P'} = \dots\dots\dots$  (angle vertical)

$\widehat{BT_4P} = \dots\dots\dots$  (angle horizontal)

## Théodolite : exploitation des données et calcul

Mathématiques



### Objectifs

Calculer une distance d'un point fixe par rapport au sol en exploitant les mesures prises à l'aide d'un théodolite.

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

Cette séance étant dédiée à l'exploitation des données prises en séance précédente, l'enseignant expliquera aux élèves qu'ils vont déterminer une distance à partir de leurs mesures.

#### Points de passage

**L'enseignant annonce aux élèves qu'ils vont :**

- effectuer des calculs en utilisant des formules de trigonométrie,
- remplir les fiches,
- représenter une vue de dessus à l'échelle 1/100 pour déterminer des distances.

Les élèves sont répartis en 4 groupes.

**L'enseignant explique que chaque groupe travaillera avec deux théodolites, selon la répartition suivante :**

- groupe 1 : théodolites 1 et 2,
- groupe 2 : théodolites 1 et 4,
- groupe 3 : théodolites 3 et 2,
- groupe 4 : théodolites 3 et 4.

**Cette répartition entraîne :**

- l'utilisation de chaque théodolite par au moins 2 groupes, ce qui permet de comparer les résultats,
- une obligation de mutualisation des résultats, ce qui favorise le travail en groupe.

#### Découvertes réalisées

En appliquant des formules de trigonométrie, et en faisant appel aux notions de projection, les élèves ont pu exploiter des données prises avec des théodolites, et atteindre ainsi l'objectif de la séance, en extrayant des distances. ■

### Matériel

Par élève :

- 1 calculatrice
- 1 règle
- 1 rapporteur
- des feuilles blanches
- **FICHE** Prendre des mesures et calculer l'apogée de la fusée relevés de la séance 3.2
- **FICHE** Exploitation mathématique

1 fiche recto-verso personnalisée par groupe (seule la fiche des groupes 1 et 2 est donnée dans le guide, à titre d'exemple ; les autres sont téléchargeables sur [www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)).

# Exploitation mathématique

## GRUPE 1 (théodolites 1 et 2)

1 Déterminer les distances  $T_1P$  (soit  $T'_1P'$ ) et  $T_2P$  (soit  $T'_2P'$ )

**Rappels :**

Pour ce faire, vous allez être amenés à faire un dessin, vue de dessus à l'échelle 1/100, de l'emplacement des théodolites 1 et 2, de la base et du projeté orthogonal P de l'apogée de la fusée. **Compléter le tableau suivant :**

$BT_1 = \dots\dots\dots$

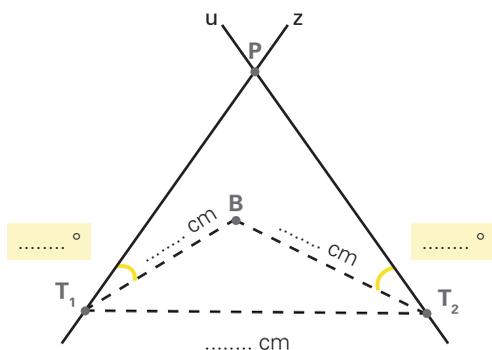
$BT_2 = \dots\dots\dots$

$\widehat{BT_1P} = \dots\dots\dots$

$\widehat{BT_2P} = \dots\dots\dots$

		$BT_1$	$BT_2$
<b>Longueur sur le dessin (en cm)</b>	1		
<b>Longueur réelle (en cm)</b>	100		

Compléter le schéma suivant :



Sur une feuille blanche format A3, reproduire ce dessin :

- Construire le triangle  $T_1BT_2$
- Construire la demi-droite  $[T_1z)$  telle que  $\widehat{BT_1z} = \widehat{BT_1P}$ . Attention à l'orientation gauche-droite.
- Construire la demi-droite  $[T_2u)$  telle que  $\widehat{BT_2u} = \widehat{BT_2P}$ . Attention à l'orientation gauche-droite.
- Appeler P le point d'intersection des demi-droites  $[T_1z)$  et  $[T_2u)$ .

**Remarque :** il est possible que vous n'obteniez pas la même figure, cela dépend de la mesure de vos angles horizontaux.

Mesurer  $[T_1P]$  et  $[T_2P]$

$T_1P = \dots\dots\dots$  cm

$T_2P = \dots\dots\dots$  cm

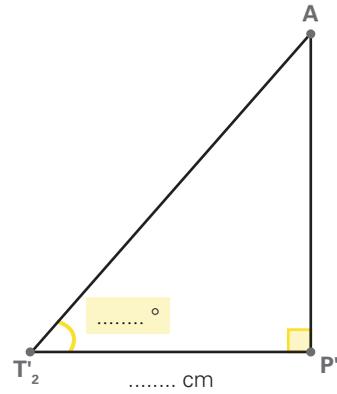
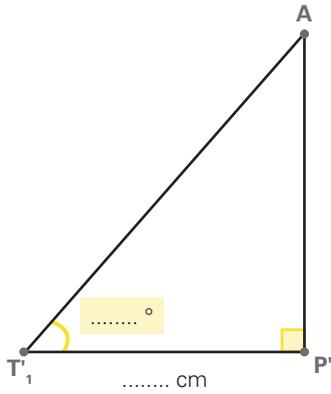
		$T_1P$	$T_2P$
<b>Longueur sur le dessin (en cm)</b>	1		
<b>Longueur réelle (en cm)</b>	100		

L'exploitation mathématique développée ici est à effectuer pour les 3 autres groupes également.

3.3 Théodolite : exploitation des données et calcul

2 Calculer la longueur AP'

En constatant que  $T_1P = T_1P'$ , que  $T_2P = T_2P'$ , que  $PP'$  est la hauteur du théodolite, compléter les figures suivantes :

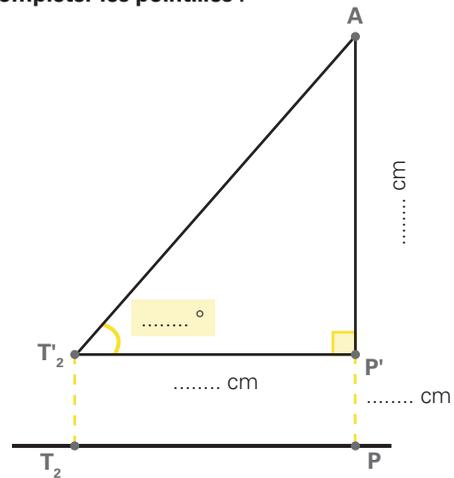
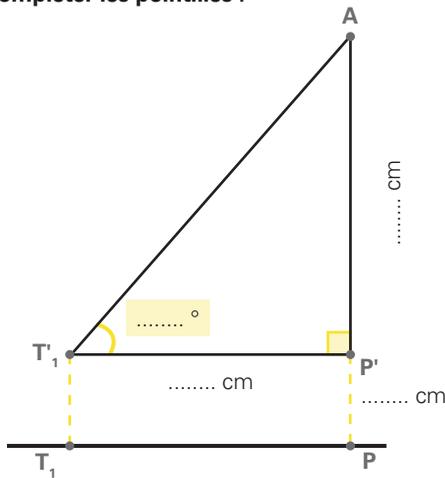


Calculer AP'

Calculer AP'

On obtient la figure ci-dessous.  
Compléter les pointillés :

On obtient la figure ci-dessous.  
Compléter les pointillés :



Calculer AP
<p>En déduire l'apogée de la fusée :</p> <p style="text-align: center;">AP = ..... m</p>

Calculer AP
<p>En déduire l'apogée de la fusée :</p> <p style="text-align: center;">AP = ..... m</p>

Récupérer les distances AP de tous les autres groupes et calculer la moyenne des résultats obtenus :

.....

.....

.....

**Conclusion :** la fusée est située à .....m du sol.



## Théodolite : mesure en situation dynamique

Mathématiques

SÉANCE

3.4

### Objectifs

Initier les élèves à l'utilisation d'un théodolite en situation dynamique, à l'aide d'un ballon.

### Matériel

- théodolites
- 1 ballon de basketball
- 1 logiciel de modélisation 3D
- **FICHE** Mesure en situation dynamique  
1 exemplaire par élève

### Déroulement pédagogique

45'

#### Immersion

L'enseignant revient sur les mesures effectuées sur un point fixe et demande aux élèves :

*Pourquoi avons-nous fait toutes les mesures avec les théodolites ?*

**Réponses possibles des élèves :** pour déterminer des distances (on précisera qu'il s'agit d'une distance d'un point par rapport au sol, comme par exemple une hauteur).

L'enseignant rappelle aux élèves que l'un des objectifs du projet est de produire une fusée à eau qui effectue un vol réussi et que, pour cela, il va falloir être capable de déterminer l'apogée.

*Qu'est qui est nouveau par rapport aux mesures précédentes ?*

**Réponses possibles des élèves :** la fusée n'est pas un point fixe, elle se déplace vers le haut.

On précisera que la différence principale est que, cette fois-ci, le point dont on veut mesurer la distance au sol est en mouvement. On parle de situation dynamique.

#### Points de passage

##### MESURES

L'enseignant explique que cette séance est une initiation à l'utilisation du théodolite en situation dynamique, à l'aide d'un ballon.

Les élèves sont répartis en groupes de 3 dans la cour du collège. Chaque élève est muni de son propre théodolite et doit suivre le mouvement du ballon.

Leur objectif est de noter les angles horizontaux et verticaux relevés lorsque le ballon est en fin d'ascension (à son apogée).

##### EXPLOITATION

Une fois ces mesures réalisées, les élèves retournent en classe et chaque groupe s'installe à un ordinateur.

À l'aide du logiciel 3D, les élèves modélisent la situation observée dans la cour et font le bilan des relevés pour déterminer la hauteur du ballon.

Une mise en commun de tous les résultats est ensuite effectuée par l'enseignant en fin de séance.

#### Découvertes réalisées

Les élèves ont effectué des relevés de hauteur d'un point en mouvement et ont pu, grâce à un logiciel de modélisation 3D, déterminer son apogée. ■

### GLOSSAIRE

Apogée

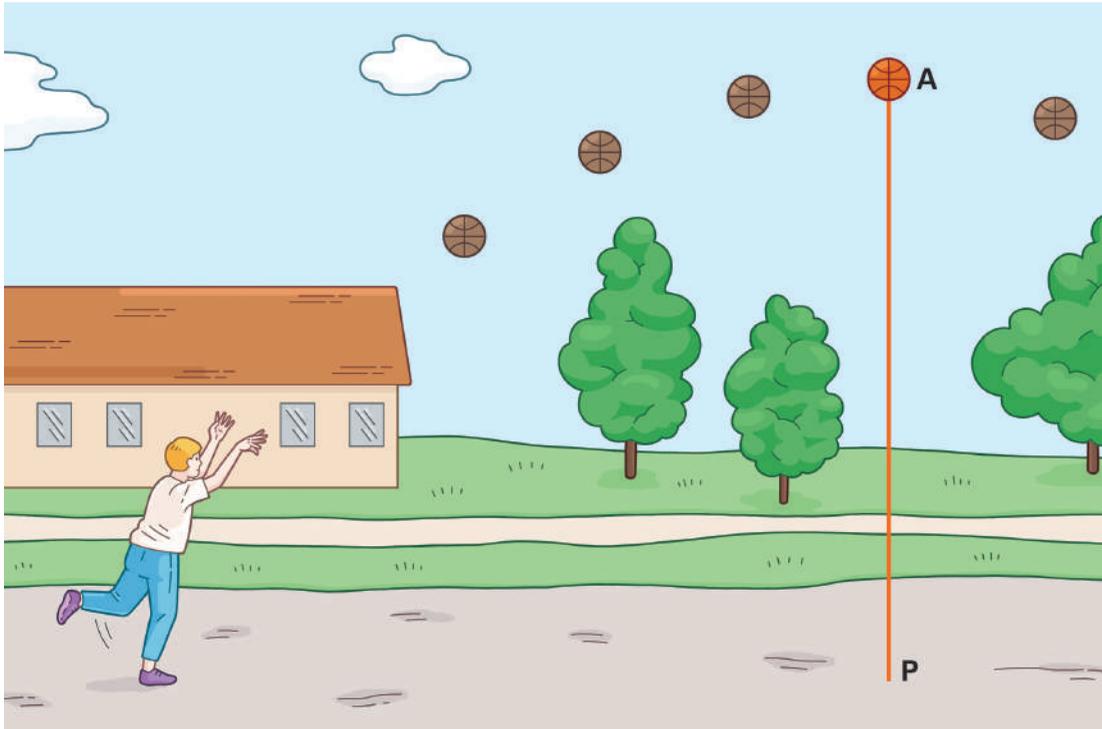
## 3.4 Théodolite : mesure en situation dynamique

## Mesure en situation dynamique

**OBJECTIF :** être capable de trouver les angles vertical et horizontal d'un objet en mouvement

**Consignes :**

- Vous allez travailler par groupes de quatre.
- Un élève (élève 4) se placera au point P avec un ballon et les trois autres à un théodolite.
- Au top, l'élève 4 lance le ballon.
- Les élèves aux théodolites doivent suivre le mouvement jusqu'à ce que le ballon soit à son apogée A.

**Notations**

**T1** : endroit où l'élève 1 se place au niveau du théodolite 1.

**T2** : endroit où l'élève 2 se place au niveau du théodolite 2.

**T3** : endroit où l'élève 3 se place au niveau du théodolite 3.

**P** : endroit où l'élève 4 se place avant de lancer le ballon vers le haut.

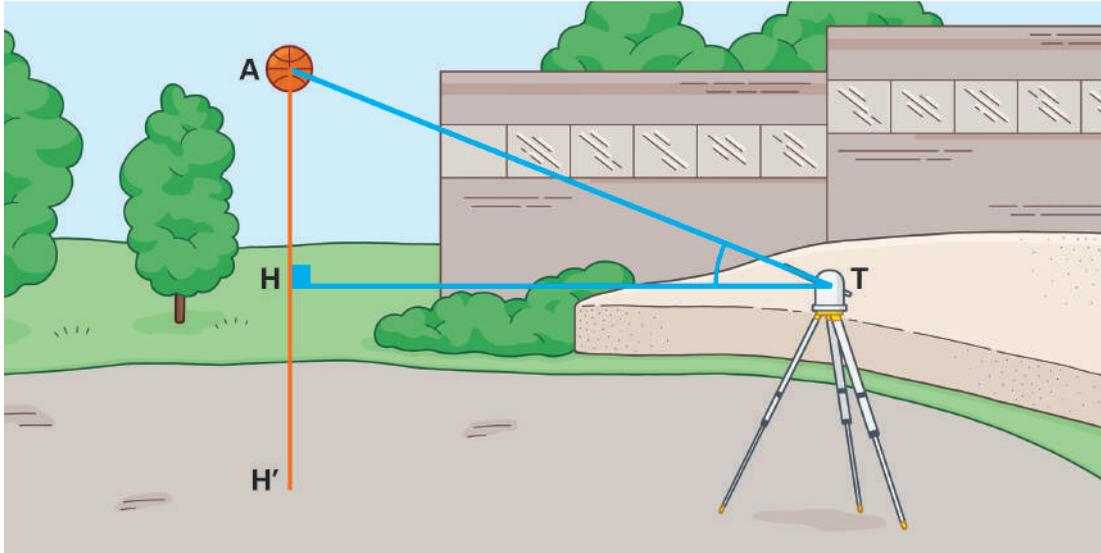
**A** : Apogée du ballon

**H** : projeté orthogonal de l'apogée du ballon dans le plan contenant les trois théodolites.

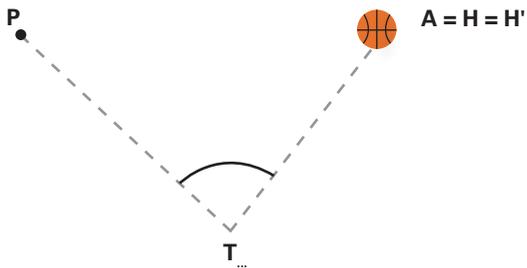
À l'aide d'un décimètre, mesurer les longueurs suivantes :

$T_1T_2 = \dots\dots\dots$ m	$T_2T_3 = \dots\dots\dots$ m	$T_1T_3 = \dots\dots\dots$ m
$T_1P = \dots\dots\dots$ m	$T_2P = \dots\dots\dots$ m	$T_3P = \dots\dots\dots$ m

Vue de côté : angle vertical



Vue de dessus : angle horizontal



Compléter le tableau suivant :

	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Hauteur des théodolites	$h_1 = \dots\dots\dots$	$h_2 = \dots\dots\dots$	$h_3 = \dots\dots\dots$
Angle vertical	$\widehat{AT_1H} = \dots\dots\dots$	$\widehat{AT_2H} = \dots\dots\dots$	$\widehat{AT_3H} = \dots\dots\dots$
Angle horizontal	$\widehat{AT_1P} = \dots\dots\dots$	$\widehat{AT_2P} = \dots\dots\dots$	$\widehat{AT_3P} = \dots\dots\dots$

Afin de vérifier l'exactitude des mesures, modéliser la situation à l'aide d'un logiciel de modélisation 3D.

## Lancement et tests des prototypes

Physique, Technologie, Mathématiques



### Objectifs

Tester les paramètres de la fusée utilisés et travaillés dans les séances précédentes.

Suivre un protocole.

Effectuer des mesures.

Observer et décrire la trajectoire de la fusée.

### Matériel

- **rubalise**
- **base de lancement**
- **fusée à eau**
- **théodolites**  
et éventuellement rapporteurs
- **caméscope**  
ou appareil permettant d'effectuer  
une vidéo à au moins 240 images/  
secondes sur trépied (en statique  
pour utilisation sur Aviméca, Tracker  
ou Regressi)
- **eau**
- **pompe à vélo**
- **décamètres et mètres**
- **FICHE Travail en  
mathématiques**
- **calculatrice**

## Déroulement pédagogique

2h

### Immersion

L'enseignant rappelle aux élèves la question à laquelle ils doivent répondre :

*Quels paramètres de la fusée faut-il choisir pour avoir le meilleur vol possible ?*

Les élèves se déplacent ensuite sur un lieu de lancement sécurisé (par exemple un hippodrome, un terrain de football) pour effectuer 2 ou 3 lancements et récupérer des données qu'ils exploiteront par la suite dans les différentes matières.

### Points de passage

Avant de se rendre sur la base de lancement, l'enseignant demande aux élèves de :

- respecter les consignes de sécurité ( **FICHE** Notice d'utilisation de la base de lancement ),
- reprendre les protocoles et suivre la méthodologie.

L'enseignant apporte 3 théodolites pour les mesures et un caméscope pour filmer le vol.

Sur place, les élèves :

- complètent, en attendant leur tour, une **FICHE** Travail en mathématiques (décrivant chaque vol et son protocole : durée, description du lancer...),
- effectuent, lors du lancer, des mesures (théodolites, décamètres) notées sur la fiche.

Des calculs seront effectués en aval grâce aux mesures relevées sur la fiche.

### Découvertes réalisées

Les différents essais ont permis de constater que certains paramètres influent sur la qualité du vol. Il faut donc, pour avoir un vol réussi, définir les meilleurs paramètres possibles (tuyère, pression, ailerons...). Les données récupérées à l'aide du théodolite (et du caméscope) permettront de décrire le mouvement et de calculer l'apogée de la fusée. ■

# Travail en mathématiques

NOM et Prénom : .....

Groupe : .....

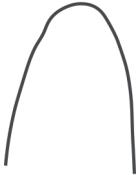
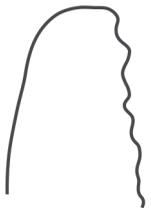
Base n° .....

	Théodolite 1	Théodolite 2	Théodolite 3
<b>Pour info :</b> <b>B</b> = base de lancement <b>T<sub>1</sub></b> = théodolite 1 <b>T<sub>2</sub></b> = théodolite 2 <b>T<sub>3</sub></b> = théodolite 3 <b>A</b> = apogée de la fusée <b>P</b> = "pied" de la hauteur correspondant à l'apogée	Mesurer la distance entre le <b>sol</b> et le <b>centre d'une des poignées noires du théodolite</b> :  $h_1 = \dots\dots\dots$ m	Mesurer la distance entre le <b>sol</b> et le <b>centre d'une des poignées noires du théodolite</b> :  $h_2 = \dots\dots\dots$ m	Mesurer la distance entre le <b>sol</b> et le <b>centre d'une des poignées noires du théodolite</b> :  $h_3 = \dots\dots\dots$ m
	Mesurer la distance entre le <b>théodolite 1</b> et la <b>base de lancement</b> :  $T_1B = \dots\dots\dots$ m	Mesurer la distance entre le <b>théodolite 2</b> et la <b>base de lancement</b> :  $T_2B = \dots\dots\dots$ m	Mesurer la distance entre le <b>théodolite 3</b> et la <b>base de lancement</b> :  $T_3B = \dots\dots\dots$ m
	Régler le théodolite de telle sorte que le 0° du rapporteur horizontal soit dans l'alignement de la base de lancement	Régler le théodolite de telle sorte que le 0° du rapporteur horizontal soit dans l'alignement de la base de lancement	Régler le théodolite de telle sorte que le 0° du rapporteur horizontal soit dans l'alignement de la base de lancement
	Viser l'apogée de la fusée	Viser l'apogée de la fusée	Viser l'apogée de la fusée

Dans le groupe, dans tout ce qui suit, ne pas oublier de faire la mise en commun des mesures prises au niveau des trois théodolites.

## 4 Lancement et tests des prototypes

Lancer n°1		
Compléter : ● <b>Mesure lue sur le rapporteur horizontal :</b> $\widehat{BT_1P} = \dots\dots\dots^\circ$ Droite - Gauche ● <b>Mesure lue sur le rapporteur vertical :</b> $\widehat{PT_1A} = \dots\dots\dots^\circ$	Compléter : ● <b>Mesure lue sur le rapporteur horizontal :</b> $\widehat{BT_2P} = \dots\dots\dots^\circ$ Droite - Gauche ● <b>Mesure lue sur le rapporteur vertical :</b> $\widehat{PT_2A} = \dots\dots\dots^\circ$	Compléter : ● <b>Mesure lue sur le rapporteur horizontal :</b> $\widehat{BT_3P} = \dots\dots\dots^\circ$ Droite - Gauche ● <b>Mesure lue sur le rapporteur vertical :</b> $\widehat{PT_3A} = \dots\dots\dots^\circ$

Entourer le schéma représentant la trajectoire de la fusée, de son lancement à son atterrissage :			Pour chaque phase de vol, cocher ce qui a été observé :
<b>Trajectoire n°1</b> 	<b>Trajectoire n°2</b> 	<b>Trajectoire n°3</b> 	<b>Phase ascendante</b> <input type="checkbox"/> Tourne sur elle-même <input type="checkbox"/> Ne tourne pas sur elle-même  <input type="checkbox"/> Stable <input type="checkbox"/> Instable  <input type="checkbox"/> Accélération forte <input type="checkbox"/> Accélération modérée  <b>Apogée</b> <input type="checkbox"/> Retournement <input type="checkbox"/> Non retournement  <b>Phase descendante (avec parachute)</b> <input type="checkbox"/> Stable <input type="checkbox"/> Instable  <input type="checkbox"/> Vitesse satisfaisante <input type="checkbox"/> Atterrissage en douceur
<b>Trajectoire n°4</b> 	<b>Trajectoire n°5</b> 	<b>Trajectoire n°6</b> 	

Durée du vol (du lancement à l'apogée) : .....

## Légende de la trajectoire

Mettre une couleur dans la case de chaque phase ci-dessous puis légender la trajectoire sélectionnée dans le tableau ci-dessus avec les différentes couleurs :

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Phase de poussée      | <input type="checkbox"/> Phase d'accélération |
| <input type="checkbox"/> Phase de décélération | <input type="checkbox"/> Vitesse constante    |







## Première revue de projet

Physique, Technologie, Mathématiques



### Objectifs

Réaliser la revue de projet.

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

L'enseignant annonce l'objectif de la séance aux élèves :

*Vous devez faire une revue de projet.*

#### Points de passage

L'enseignant expliquera aux élèves :

- ce qu'est une revue de projet,
- la manière de s'y prendre pour en réaliser une,
- qu'une trame, avec les principaux items, permet de concrétiser par écrit ce travail,
- qu'ils auront une fiche, avec cette trame,
- qu'ils doivent rendre compte du travail, lors d'une présentation orale,
- que le support de cette présentation sera un diaporama.

#### Découvertes réalisées

Un projet doit comporter des étapes, qu'on appelle des revues de projet.

Une revue de projet permet de faire le point sur ce qui a été fait ou pas, ce qui reste à faire, le retard ou l'avance pris(e), les difficultés rencontrées, les solutions, prendre des décisions pour la suite etc.

Un support est utilisé dans une revue de projet (par exemple un diaporama).

Ce dernier doit répondre à trois grands principes : clarté, concision et précision. ■

### Matériel

- **FICHE** Trame pour la revue de projet  
1 exemplaire par élève
- **comptes rendus de chaque groupe** complétés tout au long du projet sur le carnet de bord
- **fiches élève des séances précédentes**  
remplies au fil de la progression

### GLOSSAIRE

Revue de projet

## Trame pour la revue de projet

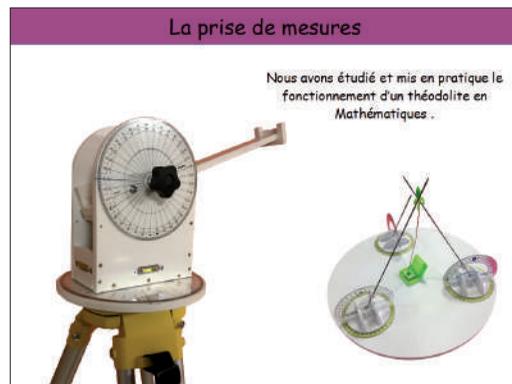
**Objectif de cette revue de projet : donner une vision globale, unique et précise du projet. Cette revue de projet pourra être utilisée pour l'épreuve orale du DNB.**

Les carnets de bord, qui ont été remplis à chaque séance dans les différentes matières (mathématiques, physique et technologie), ainsi que les photos et/ou captures d'écrans que vous avez effectuées au fur et à mesure de l'avancement de votre projet seront des ressources précieuses pour créer le document multimédia qui permettra de structurer et d'illustrer votre présentation orale. Soyez original !

### **LES DOCUMENTS PRÉSENTÉS DOIVENT PERMETTRE :**

- d'identifier la problématique,
- d'identifier toutes les étapes du projet et l'organisation que vous avez adoptée,
- de présenter le fonctionnement d'une fusée à eau,
- de présenter comment les paramètres qui influencent le vol d'une fusée ont été définis,
- les solutions du paramètre étudié par votre groupe,
- le déroulement des lancements,
- les résultats obtenus,
- une conclusion.

### **EXEMPLES DE DIAPOSITIVES-TYPE :**



#### Ressources

Des conseils pour bien préparer votre présentation et votre oral sont disponibles sur le site suivant : <http://www.ebsi.umontreal.ca/jetrouve/oral/index.htm>

## MODULE 2

# OPTIMISATION DU PROTOTYPE DE LA FUSÉE

### Présentation générale

Dans ce module, les élèves cherchent à optimiser leur propre prototype, réalisé et testé dans les séances précédentes. Ils apprennent à exploiter les données recueillies grâce à un tableur, calculent l'apogée et s'interrogent sur les paramètres susceptibles d'améliorer le vol. Les notions de trajectoire, vitesse, accélération sont particulièrement travaillées en utilisant un outil numérique qui permet de visionner et quantifier le vol. Les notions de force de propulsion et de poids, et le travail sur les différentes énergies mises en jeu au cours du vol, permettent aux élèves d'identifier les paramètres sur lesquels ils peuvent agir pour optimiser le premier prototype. Ils sont alors capables d'élaborer une notice de fabrication commune pour construire un modèle amélioré de fusée. En fin de module, les élèves procèdent à de nouveaux tirs pour recueillir à nouveau des données, qu'ils exploiteront ultérieurement, et réalisent une seconde revue de projet.

### Apprentissages visés

#### **Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques**

Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole

Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte

Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant

Participer à l'organisation et au déroulement de projets

#### **Concevoir, créer, réaliser**

Identifier un besoin et énoncer un problème technique, identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes

Identifier le(s) matériau(x), les flux d'énergie et d'information dans le cadre d'une production technique sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent

S'approprier un cahier des charges

Associer des solutions techniques à des fonctions

Imaginer des solutions en réponse au besoin

Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution

#### **Pratiquer des langages**

Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, la structure et le comportement des objets

# 8 séances

## S'approprier des outils et des méthodes

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Traduire, à l'aide d'outils de représentation numérique, des choix de solutions sous forme de croquis, de dessins ou de schémas

Présenter à l'oral et à l'aide de supports numériques multimédia des solutions techniques au moment des revues de projet

## Mobiliser des outils numériques

Simuler numériquement la structure et/ou le comportement d'un objet

Organiser, structurer et stocker des ressources numériques

Lire, utiliser et produire des représentations numériques d'objets

## Références

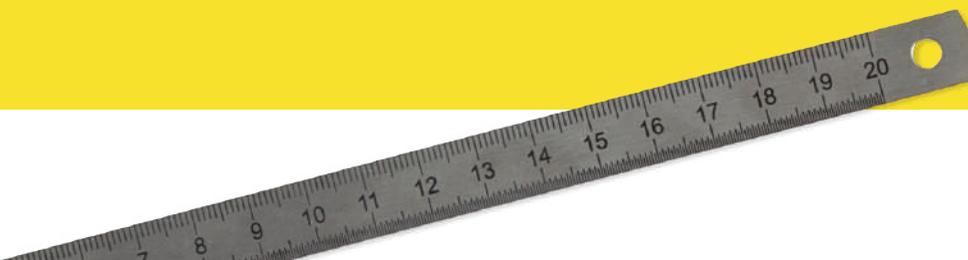
Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015  
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p><b>Design, innovation et créativité</b></p> <p>Imaginer des solutions en réponse aux besoins, matérialiser des idées en intégrant une dimension design</p>	<p>Enoncer un problème technique ; identifier les conditions, contraintes (normes et règlements) et ressources correspondantes, qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer</p> <p>Besoin, contraintes, normalisation</p> <p>Principaux éléments d'un cahier des charges</p> <p>Imaginer, synthétiser et formaliser une procédure, un protocole</p> <p>Outils numériques de présentation</p> <p>Participer à l'organisation de projets, la définition des rôles, la planification (se projeter et anticiper) et aux revues de projet</p> <p>Organisation d'un groupe de projet, rôle des participants, planning, revue de projets</p> <p>Imaginer des solutions pour produire des objets en réponse au besoin</p> <p>Représentation de solutions (croquis, schémas)</p> <p>Présenter à l'oral et à l'aide de supports numériques multimédia des solutions techniques au moment des revues de projet</p> <p>Outils numériques de présentation</p>
<p>Réaliser, de manière collaborative, le prototype d'un objet communicant</p>	<p>Réaliser, de manière collaborative, le prototype d'un objet pour valider une solution</p>

## Références (suite)

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015  
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p><b>Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société</b> Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés</p> <p><b>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques</b> Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet Chaîne d'énergie</p>	<p>Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux. Croquis à main levée. Différents schémas</p> <p>Respecter une procédure de travail garantissant un résultat en respectant les règles de sécurité et d'utilisation des outils mis à disposition</p> <p>Procédures, protocoles</p> <p>Ergonomie</p> <p>Associer des solutions techniques à des fonctions</p> <p>Analyse fonctionnelle systémique</p> <p>Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet, identifier les entrées et sorties</p> <p>Identifier le(s) matériau(x), les flux d'énergie et d'information sur un objet et décrire les transformations qui s'opèrent</p> <p>Sources d'énergies</p> <p>Chaîne d'énergie</p> <p>Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, le fonctionnement, la structure et le comportement des objets</p> <p>Outils de description d'un fonctionnement, d'une structure et d'un comportement</p> <p>Mesurer des grandeurs de manière directe ou indirecte</p> <p>Instruments de mesure usuels et moins connus</p> <p>Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant</p> <p>Notions d'écart entre les attentes fixées par le cahier des charges et les résultats de l'expérimentation</p>
<p><b>Croisements entre les enseignements</b></p> <p>Ce module se prête particulièrement au croisement entre les enseignements en impliquant la technologie, la physique, les mathématiques et l'histoire des sciences.</p> <p>Ici seules les références au programme de technologie du cycle 4 sont répertoriées.</p>	



# 8 séances

## Séances du module

- SÉANCE 1** Calcul de l'apogée du prototype de fusée à eau 
- SÉANCE 2** Mouvements de la fusée à eau  
- SÉANCE 3** Notions de poids et de propulsion  
- SÉANCE 4** Notion d'énergie 
- SÉANCE 5** Optimisation du vol de la fusée : paramètres à retenir  
- SÉANCE 6** Réalisation d'un prototype de fusée « idéale » 
- SÉANCE 7** Tests de la fusée « idéale »  
- SÉANCE 8** Deuxième revue de projet 

## Calcul de l'apogée du prototype de fusée à eau

Mathématiques



### Objectifs

Apprendre à exploiter des données.

Calculer l'apogée du prototype de fusée à eau, fabriqué et testé au module 1.

### Déroulement pédagogique

1h

### Matériel

- calculatrice
- tableur
- FICHE Travail en mathématiques remplie au module 1
- FICHE Tableau hauteur théodolite  
1 exemplaire par élève

#### Immersion

L'enseignant explique aux élèves qu'ils vont devoir :

- déterminer l'apogée de leur prototype, en réinvestissant les apprentissages du module 1 concernant l'utilisation d'un théodolite,
- définir les paramètres importants pour qu'un vol soit le meilleur possible.

Il pose ensuite la question :

*De quoi a-t-on besoin ?*

**Réponses possibles des élèves :** des résultats recueillis lors du vol du prototype fabriqué les séances précédentes ( FICHE Travail en mathématiques ).

Les élèves auront également besoin d'une calculatrice, de formules de trigonométrie, et de la FICHE Tableau hauteur théodolite .

#### Points de passage

En îlots, les élèves de chaque groupe reportent sur leur fiche les données récupérées lors du vol de leur prototype de fusée. En répondant aux questions posées et en utilisant une calculatrice et des formules trigonométriques, les élèves déterminent l'apogée de leur fusée à eau. Cette valeur est notée et commentée afin de savoir si elle est bien cohérente avec les résultats du vol. L'enseignant s'assure que la discussion au sein du groupe autour de la valeur de l'apogée a bien lieu et que les échanges entre élèves se font de manière argumentée.

L'enseignant invite ensuite les élèves à utiliser l'outil informatique :

*Qui sait ce qu'est un tableur ?*

L'enseignant recueille les conceptions initiales des élèves sur ce terme. Il peut les faire réfléchir sur l'étymologie du mot. La suite de la séance va permettre aux élèves d'apprendre à entrer des formules dans les cellules et à exploiter la capacité de calcul du logiciel.

#### Découvertes réalisées

Grâce aux mesures, à l'utilisation de formules de trigonométrie et à la modélisation du tir de la fusée, la classe a pu calculer son apogée. Il est dorénavant possible de définir les bons paramètres qui permettent à la fusée d'avoir le meilleur vol possible. ■

### TABLEUR

Le tableur est un logiciel qui permet de créer et manipuler des données sous forme de tableaux. Ce terme n'est pas forcément connu de tous les élèves, qui sont parfois plus familiers du nom de la licence du logiciel (Excel...). Le mot vient du latin *tabula*, qui signifie planche et qui comprend plusieurs objets fabriqués avec des planches (la table sur laquelle on mange, la tablette d'écriture...).



## Mouvements de la fusée à eau

Physique

SÉANCE

2

### Objectifs

Aborder ou revoir les notions de mouvement.  
Définir des critères de qualité de vol et les paramètres pour obtenir le meilleur tir.

### Matériel

- vidéo des vols de fusée
- logiciels *Aviméca*, *Tracker* ou *Regressi*

### Déroulement pédagogique



#### ○ Immersion

L'enseignant rappelle aux élèves l'objectif principal du projet : fabriquer une fusée à eau, et obtenir le meilleur vol possible. Il questionne la classe :

*Êtes-vous satisfaits de votre fusée ?*

**Réponses possibles des élèves :** oui, mais ça ne fonctionne pas toujours bien.

L'enseignant explique qu'il faut alors étudier le vol et essayer de comprendre ce qui peut être amélioré.

#### ○ Points de passage

L'enseignant leur propose d'utiliser les logiciels *Aviméca*, *Tracker* et *Regressi* pour visionner et étudier le vol de leur fusée. Il explique que cela va permettre de voir ou revoir les notions de :

- trajectoire,
- vitesse,
- accélération.

Il précise que cette étude de la vidéo du vol est importante, et doit être menée soigneusement. Cette étude, les résultats de mesures du théodolite et de nouveaux lancements permettent d'améliorer les résultats.

#### ● Découvertes réalisées

Grâce aux outils informatiques *Aviméca* et *Regressi*, la vidéo du vol de la fusée a pu être soigneusement étudiée ; en particulier la trajectoire, la vitesse et l'accélération, qui sont les caractéristiques essentielles. Ce travail permet de choisir les paramètres qui permettent d'améliorer la qualité vol. ■

## Notions de poids et de propulsion

Physique



### Objectifs

Découvrir que le poids et la masse d'un corps sont reliés par la relation  $P=mg$ .

Apprendre que la fusée décolle grâce à une force, dite de propulsion.

### Matériel

- balances
- dynamomètres
- papier millimétré
- 2 masselottes (5 et 10 g)
- **FICHE** Le phénomène de propulsion  
1 exemplaire par élève

### Déroulement pédagogique

1h

#### Immersion

L'enseignant commence par rappeler ce qui a été appris en séance 2.1 du module 1, à savoir que la fusée est soumise à trois types de force : son poids, la poussée et les frottements avec l'air.

#### Points de passage

Une discussion est lancée en classe entière :

*Que se passe-t-il lorsqu'on lâche une petite masselotte de 5 g (ou un stylo) ?*

**Réponses possibles des élèves** : il/elle tombe.

*Pourquoi tombe-t-il/elle ?*

**Réponses possibles des élèves** : il/elle est attiré(e) par la Terre, à cause de son poids.

Les notions suivantes doivent émerger lors de la discussion :

- le poids est une force, dite de pesanteur, exercée par la Terre sur un objet,
- on parle aussi de force d'attraction ou de gravitation,
- elle est dirigée verticalement de haut vers le bas,
- son unité est le Newton (N).

L'enseignant fait tomber deux masselottes, celle de 5 g et une autre de 10 g.

*Que remarquez-vous ?*

**Réponses possibles des élèves** : celle de 10 g tombe plus vite que celle de 5 g. Elle est plus lourde. Elle a un plus grand poids.

Les élèves doivent en conclure que le poids d'un objet dépend de sa masse.

Les notions suivantes doivent émerger lors de la discussion :

- il y a une relation de proportionnalité entre les deux :  $P = mg$ ,
- $g$  est le facteur de proportionnalité et vaut (approximativement)  $9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ ,
- pour soulever un objet, il faut exercer une force dirigée vers le haut.

### GLOSSAIRE

Poids

Propulsion

L'enseignant revient à la fusée à eau et interroge la classe :

*Que faut-il faire pour permettre à notre fusée de décoller ?*

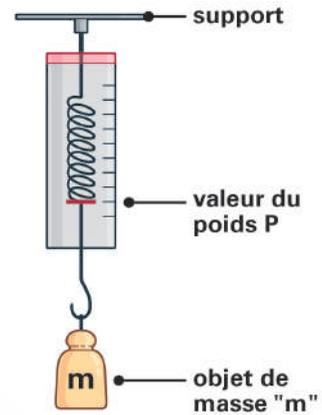
**Réponses possibles des élèves :** la pousser vers le haut, vaincre son poids.

Il faut en effet exercer une force de poussée (ou de propulsion), supérieure au poids.

Pour illustrer la relation entre P et m, on pourra :

- vérifier avec différents objets,
- effectuer le calcul et le tracé de P en fonction de m.

Les exercices de la **FICHE** Le phénomène de propulsion sont réalisés en classe. L'enseignant trouvera une correction dans la **FICHE** Phénomène de propulsion : correction .



### ● Découvertes réalisées

Le poids et la masse d'un objet sont reliés par la relation :  
 $P \text{ [en N]} = m \text{ [en kg]} \times g \text{ [en N.kg}^{-1}\text{]}$

Nous savons maintenant que pour que la fusée décolle, il faut que la force de propulsion soit supérieure au poids de la fusée.

Pour connaître le poids, il nous faut donc mesurer la masse de la fusée. ■



## 3 Notions de poids et de propulsion

## Le phénomène de propulsion

**Un objet se déplace par propulsion lorsqu'il rejette vers l'extérieur une quantité de matière qui faisait partie de lui. L'objet se déplacera donc par propulsion dans le sens inverse par rapport à celui vers lequel la quantité de matière a été rejetée.**

*Exemple : un enfant se trouve dans une barque sur l'eau, un gros bloc de pierre se trouve dans sa barque. Il jette le gros bloc de pierre à l'eau devant lui.*



- 1 Dans l'exemple de l'enfant ci-dessus, dans quelle direction se déplacera la barque dans laquelle se trouve l'enfant ? Vers la droite ou la gauche ?

.....

.....

- 2 Donner un autre exemple d'un « objet » que tu utilises tous les jours chez toi qui subit le phénomène de propulsion quand tu le mets en fonctionnement.

.....

- 3 A l'aide de quel phénomène se déplace une fusée à eau ?

.....

- 4 Dans le cas de notre fusée à eau, quelle est « la matière rejetée » ?

.....

- 5 Expliquer pourquoi la fusée à eau se déplace vers le haut.

.....

.....

.....

.....

.....

**Bilan des forces**

- 1 **Diagramme Objet-Interaction (DOI) de la fusée à eau avant le décollage**
- 2 **Diagramme Objet-Interaction (DOI) de la fusée à eau lors de la phase ascendante**



Lorsqu'un objet possède une grande vitesse, l'air exerce sur lui une force non négligeable qu'on appelle frottement.

- 3 **Diagramme Objet-Interaction (DOI) de la fusée à eau lors de la phase descendante**



Note : nous allons maintenant, dans cette fiche, nous intéresser uniquement à la phase ascendante.

- 4 **Comment peut-on nommer les deux forces s'exerçant sur la fusée à eau lors de la phase ascendante ? Nous les noterons par la suite  $P$  et  $F_p$ .**

.....

.....

.....

## 3 Notions de poids et de propulsion

## Le poids

- 1 Rappeler la relation mathématique permettant de calculer le poids d'un objet en précisant l'unité de chaque grandeur présente dans la relation mathématique :

.....

- 2 Calculer le poids d'une fusée à eau ayant une masse d'environ 500g. On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

.....

.....

## La force du propulsion (poussée)

La force de propulsion se calcule de la manière suivante :

$$F_p = \text{Pression} \times \text{Surface}$$

$F_p$  s'exprime en Newton (N), la **pression** en Pascal (Pa) et la **surface** en  $\text{m}^2$  (surface par laquelle sort l'eau de la fusée). On donne  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ .

- 1 Calculer la surface par laquelle sort l'eau de la fusée si l'on prend un rayon de tuyère  $r = 0,25 \text{ cm}$ .

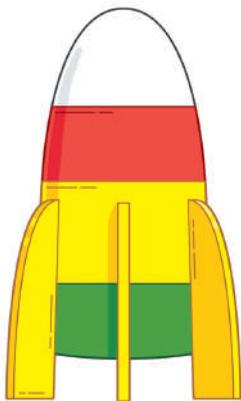
.....

.....

.....

- 2 Calculer  $F_p$  à l'aide de la surface calculée précédemment et d'une pression égale à 3 bars.

- 3 Représenter  $P$  et  $F_p$  sur le schéma ci-dessous. Nous prendrons  $F_p = 25 \text{ N}$ . Échelle :  $5 \text{ mm} = 5 \text{ N}$



- 4 Pour que la fusée aille le plus haut possible, quelle force doit être maximale et laquelle doit être minimale ?

.....

.....

- 5 Sur quel(s) paramètre(s) de la fusée peut-on jouer pour améliorer le vol ?

.....

.....

.....

## Phénomène de propulsion : correction

Cette fiche donne quelques éléments de correction de la **FICHE** Le phénomène de propulsion .

### Exemple

- 1 Vers la droite (vers l'arrière du bateau).
- 2 Un ballon de baudruche qui se dégonfle.
- 3 La propulsion.
- 4 Du gaz.
- 5 Parce que le gaz est poussé vers le bas, la fusée subit une réaction du sol (principe d'action et de réaction, 3<sup>e</sup> loi de Newton).

### Bilan des forces

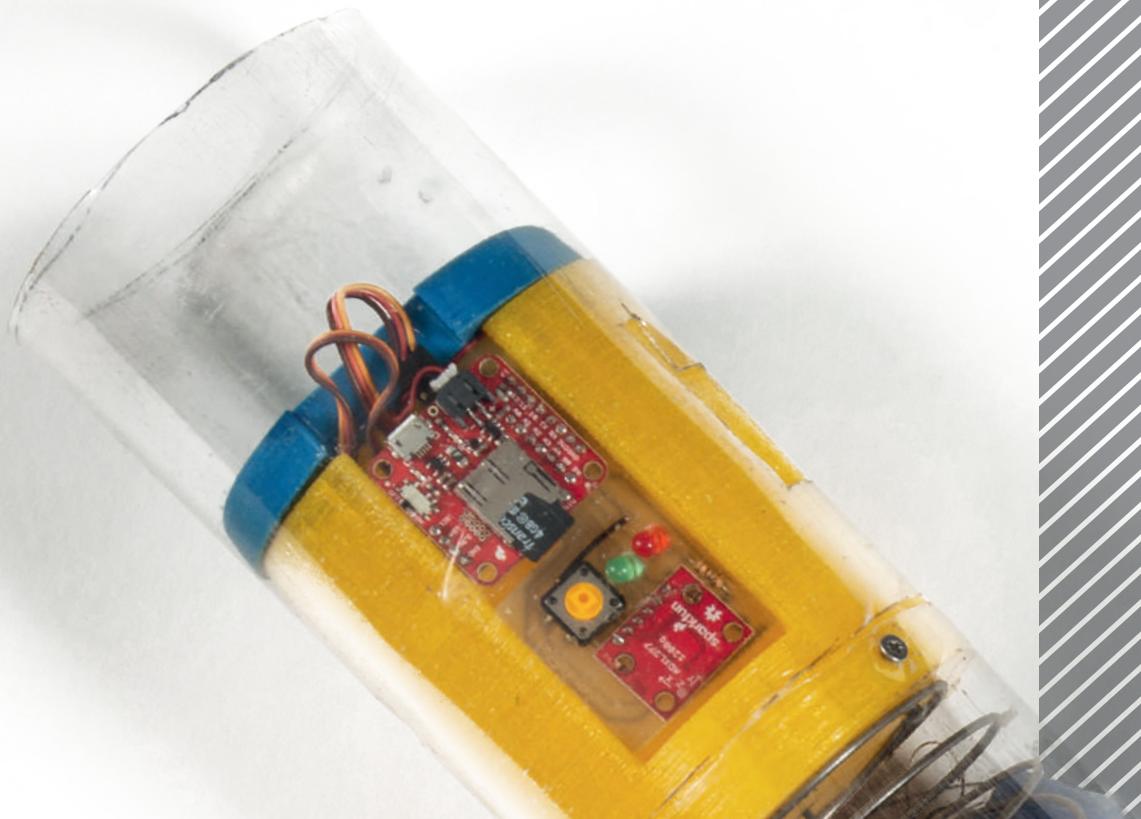
- 4 Le poids et la force de propulsion.

### Le poids

- 1  $P \text{ [en N]} = m \text{ [en kg]} \times g \text{ [en N/Kg]}$ .
- 2  $P = 0,5 \times 10 = 5 \text{ N}$ .

### La force de propulsion

- 1  $s = \pi \times r^2 = 3,14 \times (0,0025)^2 = 0,00002 \text{ m}^2$ .
- 2  $F_p = 3 \times 10^5 \times 0,00002 = 5,8875 \text{ N}$ .
- 4 Force maximale : la propulsion  
Force minimale : le poids.
- 5 Baisser son poids et augmenter l'intensité de la propulsion.



## Notion d'énergie

Physique



### Objectifs

Distinguer et caractériser différents types d'énergie : potentielle, cinétique et mécanique.

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

La séance est introduite par une question :

*Qu'est-ce que l'énergie ?*

**Réponses possibles des élèves :** ce qui nous permet de faire des énergies mouvements, de bouger, de nous chauffer...

Il doit ressortir de la discussion avec la classe :

- que l'énergie permet de produire des actions,
- qu'il y en a plusieurs sortes.

*Quelles sont les énergies que vous connaissez ?*

**Réponses possibles des élèves :** électrique, de chauffage, mouvement, le soleil...

L'enseignant nomme les différentes catégories avec le vocabulaire adapté : électrique, thermique, mécanique, lumineuse.

Il est précisé que, pour la suite de la séance, seule l'énergie mécanique sera abordée.

#### Points de passage

INTRODUCTION DE LA NOTION D'ÉNERGIE CINÉTIQUE

L'enseignant prend un objet (une balle de tennis par exemple) et dit qu'il va la passer à un élève. Il demande ensuite aux élèves :

*Quelle est la différence entre la donner et la lancer ?*

**Réponses possibles des élèves :** si on la lance, elle ira plus vite et elle peut faire mal.

La balle a acquis de l'énergie grâce à sa vitesse. Cette énergie est appelée énergie cinétique et son intensité croît avec la vitesse.

INTRODUCTION DE LA NOTION D'ÉNERGIE POTENTIELLE

L'enseignant dit qu'il va maintenant la mettre sur la tête d'un élève, et l'enseignant demande :

*Quelle est la différence entre la poser directement et la laisser tomber d'une certaine hauteur ?*

**Réponses possibles des élèves :** si on la laisser tomber, elle parcourt un trajet, elle se met en mouvement, elle prend de la vitesse.

La balle a acquis de l'énergie grâce à sa hauteur. Cette énergie est appelée énergie potentielle.

### Matériel

- **vidéos des chutes de la fusée** prises lors des séances 1 et 4 du module 1
- **1 petite balle** de tennis par exemple
- **FICHE** Vitesse et énergie cinétique de la fusée à eau  
1 exemplaire par élève

### GLOSSAIRE

Énergie cinétique

Énergie potentielle

## INTRODUCTION DE LA NOTION D'ÉNERGIE MÉCANIQUE

L'enseignant lance un objet en l'air (un stylo par exemple), et explique que :

- le stylo a acquis de l'énergie cinétique grâce à sa vitesse et de l'énergie potentielle grâce à la hauteur,
- la somme de ces deux énergies s'appelle énergie mécanique,
- cette énergie est conservée,
- lors de la montée et de la descente, cette conservation est assurée par la transformation (transfert) d'énergie de la forme cinétique vers la forme potentielle (montée), et inversement (descente).

Les élèves travaillent ensuite avec la **FICHE** Vitesse et énergie cinétique de la fusée à eau .

Quelques éléments de correction de cette fiche élève :

2)  $E_c$  [en Joule] =  $\frac{1}{2} m$  [en kg]  $\times v^2$  [en m/s]

4) Énergie potentielle de pesanteur.  $E_p$  [en Joule] =  $m$  [en kg]  $\times g$  [en N/kg]  $\times h$  [en m]

6) L'énergie mécanique est  $E_m = E_c + E_p$ . Cette énergie est conservée, ce qui veut dire que lorsque  $E_c$  varie dans un sens,  $E_p$  varie dans l'autre sens. Il y a un transfert entre les deux. Pendant la phase de montée,  $E_c$  diminue et  $E_p$  augmente, et l'inverse lors de la descente.  $E_c$  se transforme progressivement en  $E_p$ . Il y a cependant quelques pertes à cause des frottements avec l'air. À l'apogée,  $E_c$  est nulle, et est totalement transformée  $E_p$ .  
En première approximation :  $E_p$  (apogée) =  $E_c$  (à  $V_0$ ).  $V_0$  est la vitesse au décollage.

7)  $h$  (apogée) =  $E_p$  (apogée) / ( $m \times g$ )

## ● Découvertes réalisées

L'énergie est une notion abstraite et difficile à définir, mais elle est bien présente dans notre quotidien : lorsqu'on allume une lampe, un chauffage, une gazinière ou qu'on brûle du bois.

Elle se manifeste sous différentes formes et peut passer d'une forme à une autre. L'énergie cinétique, liée à la vitesse, et l'énergie potentielle liée à la hauteur, sont deux exemples de ces formes, qui peuvent se transformer l'une en l'autre.

On peut illustrer cela par l'exemple d'un objet lancé en l'air : au lancement, l'objet acquiert de la vitesse et donc de l'énergie cinétique. Tout au long de la montée, l'objet gagne de la hauteur et donc de l'énergie potentielle, et perd en même temps de l'énergie cinétique. On dit que l'énergie cinétique s'est transformée en énergie potentielle. Dans la descente, c'est le phénomène inverse qui se produit. ■

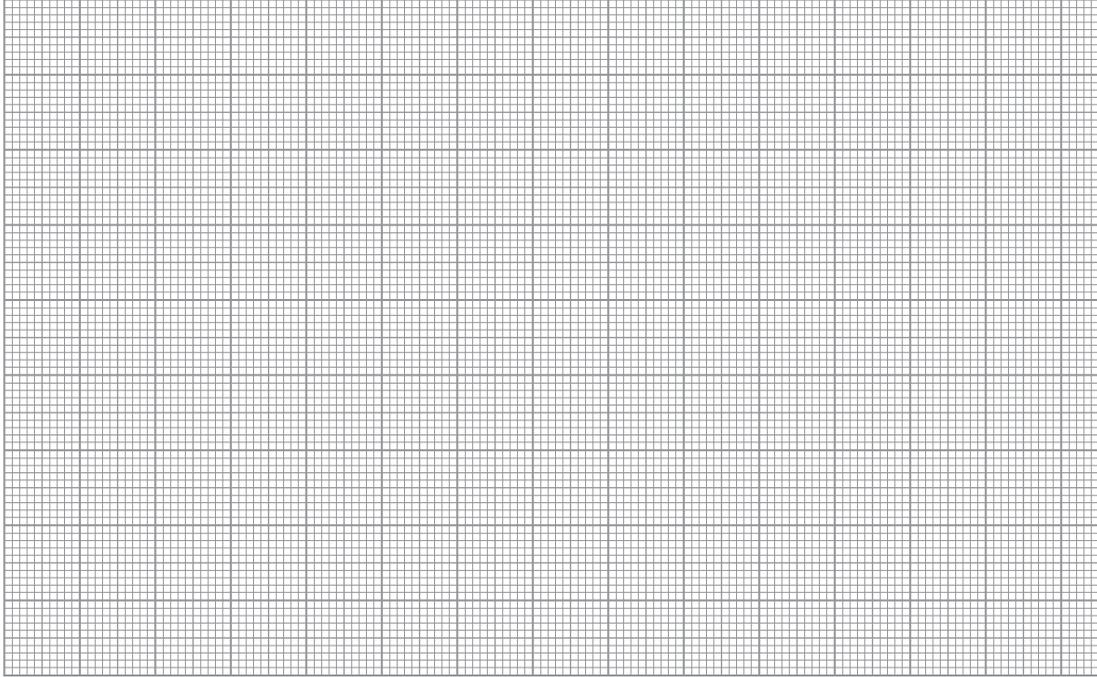
## GLOSSAIRE

Énergie  
mécanique

## 4 Notion d'énergie

## Vitesse et énergie cinétique de la fusée à eau

1 Représenter la vitesse de la fusée à eau en fonction du temps :



2 Rappeler la relation mathématique existante entre l'énergie cinétique et la vitesse de la fusée en précisant l'unité de chaque grandeur présente dans la relation mathématique.

.....

.....

.....

3 Représenter l'énergie cinétique de la fusée en fonction du temps :





## Optimisation du vol de la fusée : paramètres à retenir

Technologie



### Objectifs

Déterminer les paramètres à retenir pour optimiser le vol de la fusée.

Réaliser une notice pour la fabrication de la fusée.

### Matériel

- **comptes rendus de chaque équipe du paramètre testé lors des lancements**

### Déroulement pédagogique

45'

#### ○ Immersion

L'enseignant rappelle la séance 2.3 (module 1) et la séance 1, lors desquelles les élèves ont appris à identifier les paramètres qui permettent d'avoir un bon vol, et demande aux élèves :

*Quels paramètres allez-vous choisir pour améliorer les performances de votre fusée à eau ?*

#### ○ Points de passage

Les élèves de chaque groupe travaillent à identifier et choisir les paramètres pertinents.

Toutes les informations sont consignées dans un tableau puis illustrées par un dessin.

Une discussion collective au sein du groupe doit aboutir à des compromis.

Par exemple, si la masse de la fusée est trop importante, il faudra produire une vitesse de propulsion supérieure. Comme on ne peut pas augmenter indéfiniment la vitesse de propulsion, le groupe doit faire le choix de limiter la masse de la fusée.

Une mise en commun est organisée par l'enseignant pour définir les paramètres « idéaux » pour un second prototype de fusée, qui soit identique à tous les groupes.

Les élèves écrivent une notice de fabrication et d'utilisation.

#### ● Découvertes réalisées

Les paramètres permettant d'optimiser le vol de la fusée ont été retenus pour réaliser le prototype optimisé pour la classe (quantité d'eau, salinité, diamètre de la tuyère, forme de l'ogive...).

Une notice détaillant le processus de fabrication de la fusée « idéale » et de son utilisation par tous les élèves a été élaborée. ■



## Réalisation d'un prototype de fusée « idéale »

Technologie

SÉANCE  
6

### Objectifs

Réaliser une fusée à eau « idéale » en plusieurs exemplaires.

### Matériel

- bouteilles en plastique
- carton
- plastiques
- toile de spi
- machine à coudre
- polypropylène
- photos de fusée
- photos de parachute
- bois
- cutter
- paires de ciseaux
- adhésif
- pistolet à colle
- module Arduino

### Déroulement pédagogique



#### ○ Immersion

L'enseignant demande à chaque groupe de réaliser un prototype de fusée « idéale » en utilisant le document commun élaboré en séance 5. Plusieurs exemplaires seront ainsi fabriqués.

#### ○ Points de passage

**Chaque groupe fabrique son prototype en autonomie, en veillant à :**

- définir le matériel utile à la fabrication,
- suivre les différentes étapes de fabrication,
- se répartir les tâches au sein du groupe,
- fabriquer les différents éléments de la fusée en respectant les consignes de sécurité,
- assembler tous les éléments.

#### ● Découvertes réalisées

Les élèves prennent en photo leur fusée et notent les techniques de fabrication utilisées : découpage, collage, couture...

Ils peuvent constater des différences entre les productions malgré le fait d'avoir utilisé une notice identique. Ils comprennent que cela vient du fait que la précision et la rigueur dans l'exécution des étapes diffère d'un groupe à autre. Cela a pour conséquence de produire des résultats différents.

Les élèves apprennent que la machine est beaucoup plus précise et rigoureuse qu'un être humain, raison pour laquelle elle est très souvent utilisée pour ce genre de tâches. ■

#### Le module Arduino :

Il s'agit d'une carte d'acquisition qui permet d'enregistrer les données d'un objet (capteur, moteur...), et d'envoyer des ordres à celui-ci. C'est en fait une carte de contrôle qui s'intercale entre l'ordinateur (muni d'un logiciel de gestion de cette carte) et l'objet en question. Dans notre cas, ce module va enregistrer toutes les données du vol : vitesse, accélération, altitude, pour un traitement ultérieur.

## Test de la fusée « idéale »

Technologie



### Objectifs

Tester les paramètres utilisés pour la fusée.  
Suivre un protocole.

Effectuer des mesures.  
Observer et décrire la trajectoire de la fusée.

### Matériel

- rubalise
- 3 théodolites
- décamètres et mètres
- protocole de tir
- base de lancement
- fusée à eau
- eau
- pompe à vélo
- caméscope  
ou appareil permettant de filmer à min 240 img/sec
- calculatrice
- **FICHE** Observation du vol de la fusée et relevé de mesures  
1 exemplaire par élève
- **FICHE** Notice d'utilisation de la base de lancement  
séance 1 (module 1)
- **FICHE** Prendre des mesures et calculer l'apogée de la fusée  
distribuée à la séance 3.2 (module 1)

### Déroulement pédagogique

2h

#### Immersion

En amont les groupes s'organisent en vue du lancement test de leur fusée : les rôles de chacun doivent être clairement définis (qui lance ? qui réalise les mesures ? qui filme ?).

Les élèves se déplacent sur un lieu de lancement sécurisé (par exemple un terrain de football) pour effectuer 2 ou 3 lancements et récupérer des données qu'ils exploiteront dans les différentes matières.

#### Points de passage

Les 3 théodolites sont placés autour de la base de lancement.

Un caméscope est utilisé pour filmer le vol de la fusée.

Les élèves complètent la **FICHE** Observation du vol de la fusée et relevé de mesures décrivant chaque vol et son protocole (heure, description du lancer).

Lors du lancer, les élèves doivent effectuer leurs mesures (théodolites, décamètres), qui seront notées sur la fiche.

Des calculs (hauteur de l'apogée) seront effectués de retour en classe grâce aux mesures relevées par les élèves et celles enregistrées par la fusée (module Arduino embarqué).

#### Découvertes réalisées

Les différents essais ont permis de constater que l'on obtient (ou pas) de meilleurs vols (plus hauts, plus droits) que ceux des essais avec les premières fusées, réalisés en séance 4 du module 1. ■

## Observation du vol de la fusée et relevé de mesures

NOM et Prénom : ..... Groupe : ..... Base n° .....

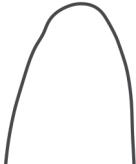
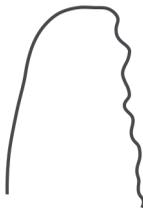
Paramètres de la fusée idéale			
<b>La fusée</b>			
Longueur : .....	Volume moteur : .....	Volume d'eau : .....	Diamètre de l'évent : .....
<b>Les ailerons</b>			
Aire d'un aileron : .....	Forme d'un aileron : .....	Nombre d'ailerons : .....	Matériau : .....
<b>Forme de l'ogive</b>		.....	
<b>Diamètre de la tuyère</b>		.....	

	Théodolite 1	Théodolite 2	Théodolite 3
<b>Pour info :</b> B = base de lancement T <sub>1</sub> = théodolite 1 T <sub>2</sub> = théodolite 2 T <sub>3</sub> = théodolite 3 A = apogée de la fusée P = "pied" de la hauteur correspondant à l'apogée	Mesurer la distance entre le <b>sol</b> et le <b>centre d'une des poignées noires du théodolite</b> :  h <sub>1</sub> = ..... m	Mesurer la distance entre le <b>sol</b> et le <b>centre d'une des poignées noires du théodolite</b> :  h <sub>2</sub> = ..... m	Mesurer la distance entre le <b>sol</b> et le <b>centre d'une des poignées noires du théodolite</b> :  h <sub>3</sub> = ..... m
	Mesurer la distance entre le <b>théodolite 1</b> et la <b>base de lancement</b> :  T <sub>1</sub> B = ..... m	Mesurer la distance entre le <b>théodolite 2</b> et la <b>base de lancement</b> :  T <sub>2</sub> B = ..... m	Mesurer la distance entre le <b>théodolite 3</b> et la <b>base de lancement</b> :  T <sub>3</sub> B = ..... m
	Régler le théodolite de telle sorte que le 0° du rapporteur horizontal soit dans l'alignement de la base de lancement	Régler le théodolite de telle sorte que le 0° du rapporteur horizontal soit dans l'alignement de la base de lancement	Régler le théodolite de telle sorte que le 0° du rapporteur horizontal soit dans l'alignement de la base de lancement
	Viser l'apogée de la fusée	Viser l'apogée de la fusée	Viser l'apogée de la fusée

À la fin du tir, ne pas oublier de vous concerter (tout le groupe) afin de mettre en commun vos résultats de mesure.

7 Test de la fusée « idéale »

Lancer		
Compléter : ● <b>Mesure lue sur le rapporteur horizontal :</b> $\widehat{BT_1P} = \dots\dots\dots^\circ$ Droite - Gauche ● <b>Mesure lue sur le rapporteur vertical :</b> $\widehat{PT_1A} = \dots\dots\dots^\circ$	Compléter : ● <b>Mesure lue sur le rapporteur horizontal :</b> $\widehat{BT_2P} = \dots\dots\dots^\circ$ Droite - Gauche ● <b>Mesure lue sur le rapporteur vertical :</b> $\widehat{PT_2A} = \dots\dots\dots^\circ$	Compléter : ● <b>Mesure lue sur le rapporteur horizontal :</b> $\widehat{BT_3P} = \dots\dots\dots^\circ$ Droite - Gauche ● <b>Mesure lue sur le rapporteur vertical :</b> $\widehat{PT_3A} = \dots\dots\dots^\circ$

Entourer le schéma représentant la trajectoire de la fusée, de son lancement à son atterrissage :			Pour chaque phase de vol, cocher ce qui a été observé :
<b>Trajectoire n°1</b> 	<b>Trajectoire n°2</b> 	<b>Trajectoire n°3</b> 	<b>Phase ascendante</b> <input type="checkbox"/> Tourne sur elle-même <input type="checkbox"/> Ne tourne pas sur elle-même  <input type="checkbox"/> Stable <input type="checkbox"/> Instable  <input type="checkbox"/> Accélération forte <input type="checkbox"/> Accélération modérée  <b>Apogée</b> <input type="checkbox"/> Retournement <input type="checkbox"/> Non retournement  <b>Phase descendante (avec parachute)</b> <input type="checkbox"/> Stable <input type="checkbox"/> Instable  <input type="checkbox"/> Vitesse satisfaisante <input type="checkbox"/> Atterrissage en douceur
<b>Trajectoire n°4</b> 	<b>Trajectoire n°5</b> 	<b>Trajectoire n°6</b> 	

Durée du vol (du lancement à l'apogée) : .....
<b>Légende de la trajectoire</b> Mettre une couleur dans la case de chaque phase ci-dessous puis légender la trajectoire sélectionnée dans le tableau ci-dessus avec les différentes couleurs :  <input type="checkbox"/> Phase de poussée <input type="checkbox"/> Phase de décélération <input type="checkbox"/> Phase d'accélération <input type="checkbox"/> Vitesse constante



## Deuxième revue de projet

Physique, Technologie, Mathématiques



### Objectifs

Réaliser la revue de projet.

### Déroulement pédagogique



#### ○ Immersion

L'enseignant introduit cette séance de synthèse :

*Vous devez faire une revue de projet.*

*Qui peut rappeler de quoi il s'agit ?*

On fera le lien avec la première revue de projet (fin du module 1).

#### ○ Points de passage

Travailler le contenu selon la **FICHE** Trame pour la revue de projet (module 1, séance 5).

L'enseignant rappelle que cette étape est exigeante et essentielle dans tout projet technologique.

L'idée est de pouvoir partager les données et échanger en groupes de pairs.

#### ● Découvertes réalisées

Les élèves présentent leurs résultats, et comprennent l'importance d'être clairs, concis et précis. Ils s'initient à l'utilisation d'un diaporama. ■

### Matériel

- carnet de bord
- fiches élève de chaque discipline
- ordinateurs et vidéoprojecteur pour la conception et la présentation des diaporamas
- notice de fabrication et d'utilisation livrable de la séance 5 (module 2)

## MODULE 3

# ANALYSE ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

### Présentation générale

Dans ce dernier module, les élèves représentent graphiquement leurs résultats à l'aide d'un outil, le tableur-grapheur. Ils apprennent à les interpréter et à les communiquer à l'ensemble de la classe à l'aide d'un diaporama. Ils savent maintenant comment, à partir d'un prototype, il est possible de choisir quelques paramètres pour améliorer une proposition technique et en tirer tout le potentiel. Ils comprennent l'importance du travail d'équipe, à quoi servent les mesures en physique, comment on les exploite par le calcul ou les représentations graphiques en mathématiques, et qu'il est nécessaire d'interpréter les résultats obtenus avant de les communiquer à ses pairs.

### Apprentissages visés

#### **Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques**

Imaginer, synthétiser, formaliser et respecter une procédure, un protocole

Rechercher des solutions techniques à un problème posé, expliciter ses choix et les communiquer en argumentant

Participer à l'organisation et au déroulement de projets

#### **Concevoir, créer, réaliser**

Réaliser, de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution

#### **S'approprier des outils et des méthodes**

Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées)

Traduire, à l'aide d'outils de représentation numérique, des choix de solutions sous forme de croquis, de dessins ou de schémas

Présenter à l'oral et à l'aide de supports numériques multimédia des solutions techniques au moment des revues de projet

#### **Pratiquer des langages**

Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, la structure et le comportement des objets

**3 séances**

## Références

Socle commun de connaissances de compétences et de culture BO N°17 du 23 avril 2015  
Programmes scolaires B0 N° 11 du 26 nov 2015 et B0 N°48 du 24 déc 2015

Attendus Fin de Cycle (AFC)	Compétences et Connaissances Associées (CCA)
<p><b>Design, innovation et créativité</b> Imaginer des solutions en réponse aux besoins, matérialiser des idées en intégrant une dimension design</p>	<p>Qualifier et quantifier simplement les performances d'un objet technique existant ou à créer</p> <p>Imaginer, synthétiser et formaliser une procédure, un protocole</p> <p>Outils numériques de présentation</p> <p>Participer à l'organisation de projets, la définition des rôles, la planification (se projeter et anticiper) et aux revues de projet</p> <p>Organisation d'un groupe de projet, rôle des participants, planning, revue de projets</p> <p>Présenter à l'oral et à l'aide de supports numériques multimédia des solutions techniques au moment des revues de projet</p> <p>Outils numériques de présentation</p>
<p><b>Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société</b> Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés</p>	<p>Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux</p> <p>Croquis à main levée</p> <p>Différents schémas</p>
<p><b>La modélisation et la simulation des objets et systèmes techniques</b> Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet</p>	<p>Décrire, en utilisant les outils et langages de descriptions adaptés, le fonctionnement, la structure et le comportement des objets.</p> <p>Outils de description d'un fonctionnement, d'une structure et d'un comportement</p> <p>Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant</p> <p>Notions d'écart entre les attentes fixées par le cahier des charges et les résultats de l'expérimentation</p>
<p><b>Pré-requis pour la séquence (si c'est le cas)</b></p> <p>Ce module se prête particulièrement au croisement entre les enseignements en impliquant la technologie, la physique, les mathématiques. Ici, seules les références au programme de technologie du cycle 4 sont répertoriées.</p>	

## Séances du module

SÉANCE

1

Représentation graphique des données du vol de la fusée "idéale"



SÉANCE

2

Analyse des résultats et bilan



SÉANCE

3

Présentation des résultats





# Représentation graphique des données du vol de la fusée « idéale »

Mathématiques

SÉANCE

1

## Objectifs

Être capable d'utiliser un outil numérique, le tableur-grapheur, pour construire et présenter des graphiques à partir de données fournies par les instruments de vol. Fournir des courbes exploitables par les professeurs de physique.

## Matériel

- tableur-grapheur
- **FICHE** Observation du vol de la fusée à eau et relevé de mesures  
livrable de la séance 7 (module 2)

## Déroulement pédagogique



### Immersion

L'enseignant revient sur les essais de la fusée idéale effectués en séance 7 du module 2, et demande aux différents groupes de récupérer les données de leur propre vol.

### Points de passage

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES DONNÉES DU VOL DE LA FUSÉE IDÉALE

Munis de leurs propres données, les élèves sont installés en salle informatique, avec un poste pour chaque groupe.

**L'enseignant précise que ces données vont permettre de construire des graphiques, et leur indique qu'ils vont devoir :**

- trouver le mode de représentation adapté, en veillant à bien nommer les axes, choisir une échelle, et mettre le titre,
- l'appeler pour validation,
- imprimer ensuite le document numérique, avec un exemplaire pour chaque élève du groupe.

COMPARAISONS AVEC LES DONNÉES DU VOL DU PROTOTYPE (TESTÉ EN SÉANCE 4 DU MODULE 1)

**L'enseignant demande aux différents groupes de :**

- reprendre le fichier tableur utilisé en séance 1 du module 2 (mesures effectuées avec le théodolite),
- compléter les cellules avec les nouvelles données,
- comparer les résultats : prototype / fusée « idéale »,
- conclure quant à la qualité du vol de la fusée « idéale » par rapport à celui du prototype.

### Découvertes réalisées

À partir des données récupérées lors des différents vols, les élèves ont pu représenter graphiquement les résultats du vol du prototype et de celui de la fusée « idéale ». Ces résultats seront exploités ultérieurement. ■

## Analyse des résultats et bilan

Physique



### Objectifs

Exploiter des graphiques pour décrire des mouvements (trajectoire, vitesse, accélération).

Procéder à des comparaisons de graphiques afin de tirer des conclusions.

### Matériel

- courbes tracées à la séance précédente

### Déroulement pédagogique



#### Immersion

L'enseignant revient sur les graphiques obtenus dans la séance précédente, et indique aux élèves qu'ils vont devoir :

- comparer les graphiques obtenus pour les deux vols (prototype et fusée idéale),
- identifier le(s) paramètre(s) qui a (ont) permis à la fusée idéale d'effectuer un meilleur vol,
- tirer des conclusions.

#### Points de passage

L'enseignant demande à chaque groupe de reprendre les graphiques tracés en mathématiques et d'analyser les trois éléments suivants : les trajectoires, les vitesses, et les unités (des axes). Il leur précise qu'ils doivent commenter ces résultats et dire ce que leur analyse nous apprend.

Les élèves interprètent ensuite les graphiques :

- pour chaque vol (prototype et fusée idéale), commenter l'allure de la trajectoire, la vitesse et l'accélération,
- en comparant les deux vols, dire lequel a la meilleure trajectoire.

Ne pas hésiter à faire verbaliser les élèves :

« On voit que la courbe monte puis atteint un maximum pour redescendre ensuite. Cela signifie que... »

Enfin, les élèves sont invités à identifier et nommer chaque paramètre ayant contribué à rendre meilleur le vol de la fusée idéale.

#### POINT D'ATTENTION

**Si les groupes ne progressent pas au même rythme, il serait souhaitable de proposer :**

- à ceux qui avancent vite d'utiliser les logiciels Aviméca ou Régressi pour les courbes de vitesse et accélération, et confronter ensuite avec les mathématiques,
- aux autres de n'utiliser que les courbes obtenues via les mathématiques pour l'interprétation.

#### Découvertes réalisées

L'exploitation graphique des données de vols a permis de revoir les notions importantes de vitesse, d'accélération, de trajectoire et aussi et surtout d'interpréter les courbes dans le but d'identifier le(s) paramètre(s) important(s) qui améliore(nt) la qualité d'un vol. ■



## Présentation des résultats

*Physique, Technologie, Mathématiques*

SÉANCE

3

### Objectifs

Présenter ses résultats de façon claire à l'aide d'un diaporama.  
Communiquer oralement ses résultats à la classe.

### Matériel

- carnet de bord
- fiches élève de chaque discipline
- ordinateur
- vidéoprojecteur

### Déroulement pédagogique



#### ○ Immersion

L'enseignant rappelle aux élèves qu'ils ont pris des notes tout au long du projet. Ils vont devoir maintenant communiquer leurs résultats oralement à la classe en s'aidant d'un support. Il leur indique que cette présentation se fera avec un diaporama.

#### ○ Points de passage

L'enseignant présente un exemple de diaporama et rappelle les principes généraux : concision, clarté, et rigueur.

Il fournit ensuite, à chaque élève, une même trame de ce diaporama, afin de le familiariser avec cet outil.

Les élèves d'un même groupe travaillent ensuite ensemble afin de réaliser leur propre trame, avec l'aide de l'enseignant.

Ils réalisent ensuite, en s'appuyant sur leur trame, leur diaporama, avec l'aide de l'enseignant.

Chaque groupe présente son diaporama et répond aux remarques et questions du reste de la classe.

Les groupes améliorent leur diaporama, en tenant compte des remarques, dans la perspective de le présenter aux enseignants de toutes les matières.

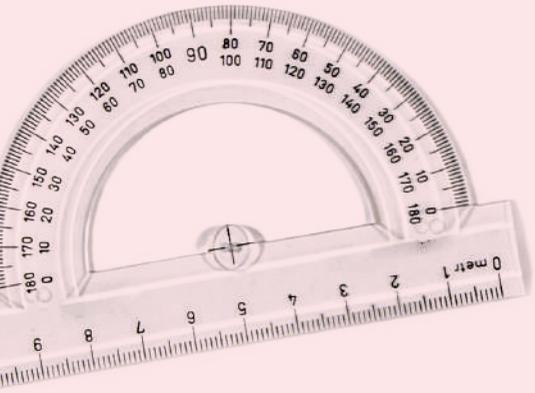
Une présentation est organisée en présence de tous les enseignants.

**Un bilan est fait aussi bien sur :**

- les résultats,
- la forme de la présentation.

#### ● Découvertes réalisées

Les élèves ont appris à réaliser des présentations de leurs résultats. Ils ont compris l'importance de rendre compte de leurs travaux, de bien expliquer les résultats et leurs interprétations, et leurs corollaires les conclusions. ■





**Apoll'eau : mesures et analyses  
avec des fusées à eau**

# Glossaire

# Glossaire

## Accélération

Modification de la vitesse d'un objet donné en fonction du temps. Lors de son lancer, la fusée à eau va accélérer pendant la phase de propulsion puis décélérer.

## Diaphragme

Ensemble des 3 mâchoires qui maintiennent la fusée sur la base de lancement.

## Énergie cinétique

Il s'agit de l'énergie détenue par un corps du fait de son mouvement par rapport à un référentiel donné. L'énergie cinétique peut être calculée grâce à cette formule :  $E_c = E_m - E_p$ .

## Énergie mécanique

Il s'agit de l'énergie détenue par un objet sous forme d'énergie cinétique et d'énergie potentielle. Elle se calcule grâce à cette formule :  $E_m = E_c + E_p$ .

## Énergie potentielle

Il s'agit de l'énergie détenue par un objet, liée à une interaction, et capable d'être convertie en une autre forme d'énergie (généralement cinétique). L'énergie potentielle peut être calculée grâce à cette formule :  $E_p = E_m - E_c$ .

## Joint torique

Joint circulaire, généralement en caoutchouc, assurant l'étanchéité. Il permet d'éviter toute fuite entre la base et la fusée.

## Ogive

Pointe avant de la fusée, sa forme plus ou moins conique permettant de réduire les frottements de l'air lors du vol.

## Poids

À ne pas confondre avec la masse, le poids est la force de pesanteur exercée par la Terre sur un objet. Il est exprimé en newton (N).

## Propulsion

Action permettant de fournir une poussée à un objet afin qu'il se déplace dans l'espace environnant. Dans le cas de la fusée à eau, la propulsion provient de l'éjection de l'eau en dehors de la bouteille par l'air comprimé.

## Réaction

Type de propulsion permettant de mettre un objet (un véhicule généralement) en mouvement. Dans le cas de la fusée à eau, la force de propulsion provient de l'éjection de l'eau en dehors de la bouteille par l'air comprimé. L'eau se dirige vers le sol et, par conséquent, la fusée se dirige vers le ciel (principe d'action/réaction).

## Revue de projet

Étape durant laquelle l'équipe présente et rend compte du travail effectué. La revue de projet permet de faire le point sur l'état d'avancement par rapport au planning prévisionnel et sur la qualité du travail. Elle est l'occasion de prendre des décisions pour remédier à des difficultés, des retards...

## Théodolite

Instrument de visée permettant de mesurer des angles horizontaux et verticaux. Il est particulièrement utile pour réaliser les mesures d'une triangulation.

## Tuyère

Orifice par lequel l'eau et l'air comprimé sont éjectés du « moteur » de la fusée à eau. Sa forme et son diamètre modifient la force et la durée de la poussée qui permet le décollage de la fusée à eau.

## Remerciements

Le projet MERITE est le fruit d'un travail collectif qui a rassemblé de nombreux acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche, de l'Éducation nationale et des partenaires institutionnels impliqués pour la promotion de la culture scientifique et technique.

Le Centre de Ressources en Pratiques Expérimentales d'IMT Atlantique, a coordonné l'ensemble du projet : Carl Rauch et Lotfi Lakehal-Ayat (coordination générale), Josiane Hamy (coordination pédagogique et éditoriale), Blanche Cahingt (matériel), et successivement Jean-Félix Picard, Caroline Thoraval, Audrey Guillermic (coordination administrative), successivement Clémentine Jung et Flavy Benoit (communication, diffusion), Arnaud Schmitt (rédactionnel et édition).

### L'équipe de coordination adresse ses remerciements :

- **aux auteurs du guide pédagogique** : Christophe Aubier-Laure, enseignant de technologie ; Pascal Leroux, enseignant-chercheur à l'ENSIM, Lotfi Lakehal-Ayat, enseignant-chercheur Centre de Ressources en Pratiques Expérimentales IMT Atlantique

- **aux enseignants qui ont co-construit et testé le guide à ses différentes étapes** : Mickaël Batteux, Francesca Cadieu, David Féaux, Louis-Ange Gillot, Mickaël James, Christine Hubert, Miguel Naudon, Guillaume Tambosco ;

- **aux acteurs de l'Éducation nationale qui ont contribué** : Yannick Gourdin, médiateur Ressources et services Numérique éducatif, Canopé ; Marc Tavera, conseiller pédagogique départemental ; Philippe Briaud, formateur ; Omer Demiraslan, enseignant et formateur ; Marc Tavera et Philippe Thullier, conseillers pédagogiques départementaux, pour leur participation à la coordination pédagogique ;

- **au comité de pilotage** composé de : Paul Friedel, directeur d'IMT Atlantique, président ; Anne Beauval, directrice déléguée d'IMT Atlantique ; Yves Bourdin, délégué académique de l'action éducative et pédagogique, Rectorat de Nantes ; Patrick Bourgeois, correspondant pour le groupe Assystem ; Patricia Carre, responsable du pôle Science et Société, Conseil Régional des Pays de la Loire ; Pierre Le Cloïrec et Régis Gautier, successivement directeurs de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes ; Arnaud Godevin, directeur de l'École Supérieure du Bois ; David Jasmin, directeur de la Fondation La main à la pâte ; Pascal Jousset, chargé de programme FEDER ; Jean-Louis Kerouanton, vice-président de l'Université de Nantes ; Lionel Luquin, directeur des Formations d'IMT Atlantique ; Caroline Prevot, correspondante académique scientifique et technologique, Rectorat de Nantes ; Ana Poletto, responsable de la mission diffusion de la culture scientifique et technique, Université de Nantes ; Elena Popa, gestionnaire du service FEDER ; René Siret, directeur général de l'École Supérieure d'Agricultures d'Angers ; Pascal Leroux et Jean-François Tassin, successivement directeurs de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans ; Sarah Turbeaux, cheffe de projet pôle sciences société, service recherche, Conseil Régional des Pays de la Loire.

Le consortium MERITE est composé de 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest aux expertises scientifiques diverses : matériaux, énergie, environnement, chimie, alimentation, numérique et robotique, mesures et acoustique.

### Crédits

**Direction artistique** : Nathalie Papeil ; **Photographie** : Jean-Charles Queffelec ; **Illustrations** : Marie Ducom ;

**Autres crédits (photographie)** : p. 12-13 : Lev Dolgachov / Adobe Stock ; p. 35 : Pearson Scott Foresman, Missouri History Museum / Commons Wikimedia ; p. 37 : Andrew Dunn / Commons Wikimedia ; p. 38 : Colgill, Mabit1, Schelle / Commons Wikimedia ; p. 39 & 69 : Christophe Aubier-Laure, p. 40-41 : Christine Hubert.

**Modèles mains** : Clémence et Jules Papeil.

Tous droits de reproduction et de diffusion réservés © MERITE  
MERITE est une marque déposée à l'INPI.

**Coordination** : IMT Atlantique

**Conception** : MERITE

Édité en août 2020

Imprimé par Icones [www.icones.fr](http://www.icones.fr)



## Appoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

À partir de l'observation du vol d'une fusée à eau, les élèves vont s'embarquer dans un projet concret mêlant technologie, physique et mathématiques. Qu'est-ce qu'un vol réussi et comment l'optimiser ?

En équipe, les élèves cherchent à comprendre le principe de fonctionnement d'une fusée à eau et les paramètres susceptibles d'influer sur son vol. Ils définissent un protocole expérimental pour mesurer l'influence de chaque paramètre sur la vitesse, l'accélération, la trajectoire.

À l'aide d'outils de mesure comme le théodolite, de capteurs embarqués et d'outils informatiques, les élèves étudient le vol des prototypes qu'ils ont fabriqués et découvrent les notions de force et d'énergie.

Ce travail collaboratif et interdisciplinaire permet de réaliser une nouvelle fusée à eau conforme à un cahier des charges où les paramètres sont maîtrisés. Les données de vol sont analysées après plusieurs lancements. Une revue de projet finale structure les capacités et les compétences mises en œuvre.

Cette mallette pédagogique a été conçue par l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Mans



**ENSIM**  
École d'ingénieurs  
Le Mans Université



## mallettes MERITE

itinéraires  
en sciences et techniques :  
expérimenter et comprendre



Conçues pour les enseignants du CM1 à la classe de 3<sup>e</sup>, les mallettes MERITE sont des ressources pédagogiques mêlant sciences et technologie, laissant une grande part à l'expérimentation des élèves. Apprendre en faisant par soi-même, investiguer, progresser par essai-erreur, réfléchir en groupe sur des questions concrètes avec du matériel approprié, s'entraîner à raisonner sur des faits et des observations, sont les principes au cœur de cette collection. Chaque mallette MERITE est composée d'un guide pour l'enseignant détaillant la progression pédagogique, et du matériel nécessaire pour réaliser les expériences.

[www.projetmerite.fr](http://www.projetmerite.fr)

### 14 thématiques variées proches du quotidien des élèves

#### CM1 - CM2 - 6<sup>e</sup> - CYCLE 3

Chimie en couleurs

Créez vos objets animés : entre programmation et électronique

Le bois : un matériau issu du vivant

Les aliments : de la matière première aux produits finis

Le sol et son rôle dans la croissance végétale

Le sucre : une matière à explorer

Lutherie sauvage, musique et acoustique

Matériaux et objets quotidiens

Robotique pédagogique : du moteur au mouvement

#### 5<sup>e</sup> - 4<sup>e</sup> - 3<sup>e</sup> - CYCLE 4

Appoll'eau : mesures et analyses avec des fusées à eau

À la table des matières : les sucres

Communication informatique : tout un protocole

Développement d'un objet connecté

Électricité : la produire, la partager

Cette collection est le fruit du projet MERITE (2015-2020) coordonné par IMT Atlantique en partenariat avec 7 établissements d'enseignement supérieur du Grand Ouest et le Rectorat de l'Académie de Nantes. MERITE a été financé au titre du Programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat, ainsi que par le Fonds européen de développement régional, la Région des Pays de la Loire et le groupe Assystem.

mallettes  
MERITE



assystem

