



COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

Seconde - Module 3 - Mécanique

Physique-Chimie

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**
pour vérifier ses acquis

www.cours-pi.com

Paris & Montpellier



EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

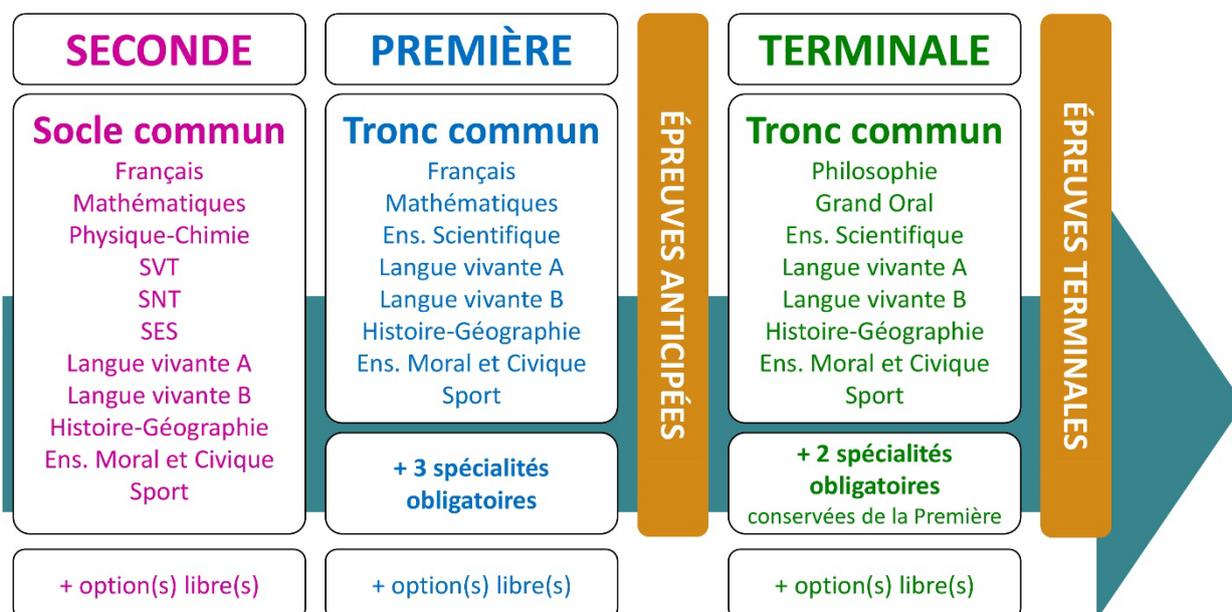
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers l'**excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet.
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année.
- **À vous de jouer** pour mettre en pratique le raisonnement vu dans le cours et s'accaparer les ressorts de l'analyse, de la logique, de l'argumentation, et de la justification.
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité.
- Et enfin ... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

PHYSIQUE-CHIMIE SECONDE

Module 3 – Mécanique (mouvement et interaction)

L'AUTEURE



Sylvie LAMY

« Faire des maths c'est jouer aux legos. Il s'agit d'assembler des briques pour solutionner des problèmes ». Diplômée de l'Ecole Polytechnique et agrégée de Mathématiques, elle poursuit aujourd'hui son parcours professionnel à l'Institut Géographique National et au Ministère des Transports comme chargée de mission sur les projets spatiaux. Passionnée par les sciences physiques, son approche pédagogique réside dans la transmission du raisonnement scientifique. Elle attend de ses élèves de comprendre et d'explicitier leur démarche dans la résolution des problèmes.

PRÉSENTATION

Ce **cours** est divisé en chapitres, chacun comprenant :

- Le **cours**, conforme aux programmes de l'Education Nationale
- Des **exercices d'application et d'entraînement**
- Les **corrigés** de ces exercices
- Des **devoirs** soumis à correction (et **se trouvant hors manuel**). Votre professeur vous renverra le corrigé-type de chaque devoir après correction de ce dernier.

Pour une manipulation plus facile, les corrigés-types des exercices d'application et d'entraînement sont regroupés en fin de manuel.

CONSEILS À L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de **l'assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés. Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

LES FOURNITURES

Vous devez posséder :

- une **calculatrice graphique pour l'enseignement scientifique au Lycée comportant un mode examen (requis pour l'épreuve du baccalauréat)**.
- un **tableur** comme Excel de Microsoft (payant) ou Calc d'Open Office (gratuit et à télécharger sur <http://fr.openoffice.org/>). En effet, certains exercices seront faits de préférence en utilisant un de ces logiciels, mais vous pourrez également utiliser la calculatrice).

LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »). Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

Donc, dès qu'un devoir est rédigé, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier
*Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur.*

N.B. : *quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir** ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir.*

N.B. : *si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.*

VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure.

En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves.

Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL
EST
SON
RÔLE ?

Orienter les parents et les élèves.

Proposer la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

Faire évoluer les outils pédagogiques.

Encadrer et **coordonner** les différents professeurs.

VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

04.67.34.03.00

scolarite@cours-pi.com



LE SOMMAIRE

Physique-Chimie – Module 3 – Mécanique

Introduction	1
---------------------------	----------

CHAPITRE 1. Description d'un mouvement	3
---	----------

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement.
- Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.
- Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point.

Première approche	4
1. Système, référentiels, échelles caractéristiques	5
2. Mouvement d'un point matériel	7
3. Vecteur vitesse	9
Le temps du bilan	14
Exercices	15

CHAPITRE 2. Modélisation des actions mécaniques	19
--	-----------

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Modélisation d'une action par une force.
- Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton).
- Caractéristiques d'une force.
- Exemples de forces : force d'interaction gravitationnelle ; poids ; force exercée par un support et par un fil.

Première approche	20
1. Actions et interactions	21
2. Forces	23
3. Exemple de forces	24
4. Principes des actions réciproques	27
5. Bilan des forces	27
Le temps du bilan	29
Exercices	30

CHAPITRE 3. Principe d'inertie	33
---	-----------

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Principe d'inertie.
- Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes.
- Cas de la chute libre à une dimension.

Première approche	34
1. 1^{ère} loi de Newton	37
2. Variation de vitesse et forces	39
3. Chute libre	41
Le temps du bilan	42
Exercices	43

LES CLÉS DU BAC	49
------------------------------	-----------

CORRIGÉS à vous de jouer et exercices	55
--	-----------



ESSAIS

- **Une histoire de la physique et de la chimie** *Jean Rosmorduc*
- **Les forces de la nature** *Paul Davies*
- **Une histoire de tout, ou presque...** *Bill Bryson*

BANDES-DESSINÉES

- **La physique en BD** *Larry Gonick*

DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **Les secrets de la matière (3 épisodes)** *Jim Al-Khalili*
- **Cosmos : une odyssée à travers l'univers (13 épisodes)** *Neil deGrasse Tyson*
- **La fabuleuse histoire de la science (6 épisodes)**

PODCASTS

- **La physique des super-héros** www.cea.fr/multimedia/Pages/audio/physique-super-heros.aspx
- **La Méthode scientifique** *France Culture*



INTRODUCTION

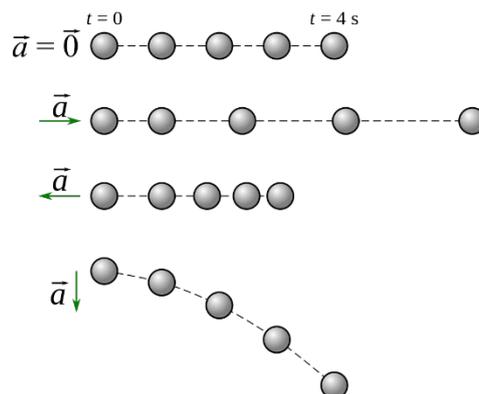


« Tout est relatif »... Une phrase prononcée par de très nombreuses personnes... Mais quel est le lien avec la physique ?

Prenons une voiture qui passe devant nous de gauche à droite. Elle va donc vers la droite. Cependant, si je suis sur le trottoir en face, elle ira vers la gauche... Et maintenant, depuis la Lune, quel est son mouvement ?

Un mouvement dépend donc du « référentiel » de l'observateur. Au cours de cette année de Seconde vont être posées les bases de la mécanique Newtonienne. Cette vision de la physique qui nous permet d'expliquer tous les mouvements sur Terre d'objets ayant une masse.

Pour y réussir, des formules comme celle de la vitesse, des outils mathématiques comme des vecteurs et des lois comme le Principe d'inertie (ou première loi de Newton) vont devoir être assimilées.



La mécanique a été vue au Collège. Les notions sont donc déjà familières. Outre une révision, ce module va permettre de formaliser le mouvement avec les vecteurs vitesse (chapitre 1). Le chapitre 2 concerne la modélisation des actions d'un corps sur un autre par les forces. Enfin le chapitre 3 fait le lien entre mouvement et forces avec le principe d'inertie (1^{ère} loi de Newton). Ce principe est un cas particulier du principe fondamental de la dynamique (2^{ème} loi de Newton) qui sera abordé en 1^{ère}.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION D'UN MOUVEMENT



Au cours de ce module, nous verrons tout d'abord les définitions de systèmes, référentiels et échelles caractéristiques. Nous arrêterons sur le mouvement d'un point matériel puis découvrirons la notion de vecteur-vitesse.

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement.
- Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.
- Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point.

Q PRÉ-REQUIS

- Vecteurs.
- Trigonométrie.

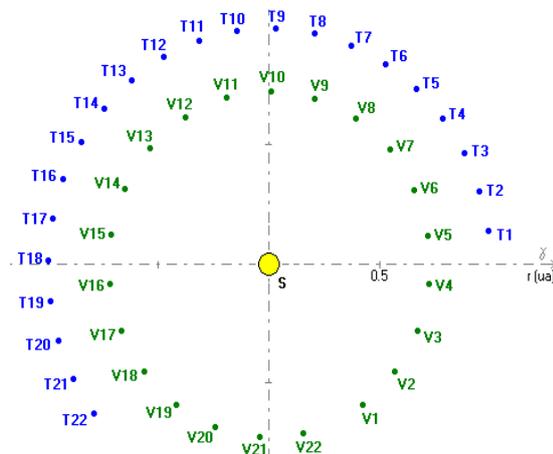


Première approche

Observation A

La Terre et Vénus gravitent autour du Soleil sur des orbites quasi-circulaires. La période de révolution de Vénus (distante de 0,7 UA du Soleil) est de 243 jours, celle de la Terre est de 365 jours.

Voici leurs positions autour du Soleil pendant une année vénusienne (c'est-à-dire une révolution de Vénus autour du Soleil).



1. Quels sont les corps fixes ? les corps en mouvement ?

.....

2. Comment qualifieriez-vous les trajectoires de la Terre et de Vénus autour du Soleil ?

.....

3. Comment qualifieriez-vous les mouvements de la Terre et de Vénus autour du Soleil ?

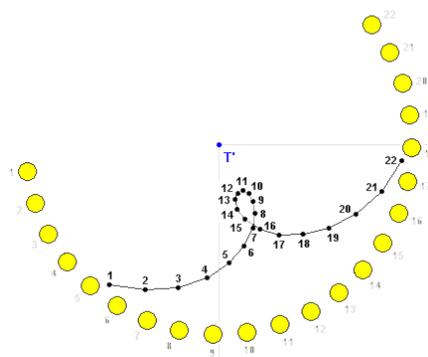
.....

Observation B

Voici maintenant pendant la même période, les positions observées du Soleil et de Vénus depuis la Terre.

Cette fois, c'est le Soleil qui semble tourner autour de la Terre.

On observe également que Vénus semble « avancer » puis reculer à partir du 11^{ème} point : on parle alors de **rétrogradation**.



4. Quels sont les corps fixes ? Les corps en mouvement ?

.....

5. Comment qualifieriez-vous les trajectoires de Vénus et du Soleil autour de la Terre ?

.....

Depuis la Terre, le Soleil se déplace, et Vénus n'a pas une trajectoire circulaire. Cet exemple traduit la relativité du mouvement. Avant d'étudier un mouvement, il faut donc préciser ce que l'on étudie et la position de l'observateur.

01

DESCRIPTION D'UN MOUVEMENT

Système, référentiels, échelles caractéristiques



L'ESSENTIEL

Le **système** est l'objet (corps) ou l'ensemble d'objets liés dont on étudie le mouvement.

- Le système doit être bien identifié avant le commencement de tout exercice.
- On le met généralement entre accolades les corps constituant le système **{corps 1, corps 2...}**.

Exemple



On peut ici étudier le mouvement du {joueur}, celui du {ballon} ou celui de l'ensemble {joueur + ballon}

Un système est en mouvement si sa position varie au cours du temps. Il faut donc déterminer pour l'étude d'un mouvement un **référentiel**.

Exemple



Si on étudie le mouvement du {ballon} :

- Pour un spectateur, le ballon a un mouvement (celui issu de la course du joueur).
- Dans le référentiel lié au joueur qui court, le ballon est immobile.



L'ESSENTIEL

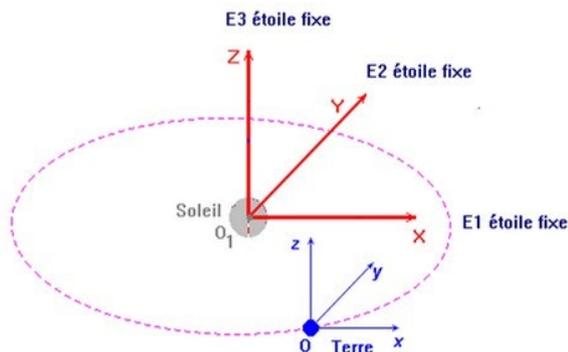
Un **référentiel** est un ensemble de points considérés comme immobiles, par rapport auxquels on étudie le mouvement des objets.

Un référentiel est généralement représenté à l'aide d'un **repère orthonormé** composé d'une origine et de 3 axes.

Référentiels courants :

- **Référentiel terrestre** : l'origine est un point proche de la surface de la Terre, et les axes des coordonnées sont dirigés vers des points supposés fixes sur la Terre. Il est utilisé pour l'étude des systèmes courants au voisinage de la surface terrestre.
- **Référentiel géocentrique** : l'origine est le centre de la Terre et les axes des coordonnées sont dirigés vers des étoiles supposées fixes. Il est utilisé par exemple pour étudier le trajet d'un avion ou celui d'un satellite artificiel terrestre.
- **Référentiel héliocentrique** : l'origine est le centre du Soleil et les axes des coordonnées sont dirigés vers des étoiles supposées fixes. Il est utilisé par exemple pour étudier le mouvement d'une sonde spatiale ou celui des planètes.

Référentiels héliocentriques et géocentriques



Dans ce schéma, les axes du repère référentiel géocentrique sont parallèles aux axes du repère du référentiel héliocentrique.

Exemple



Si on étudie le mouvement du {ballon} :

- Le stade est un référentiel terrestre. Le ballon est en mouvement dans ce référentiel.
- Le référentiel lié au joueur qui court n'est pas un référentiel terrestre. Le ballon est immobile dans ce référentiel.



À VOUS DE JOUER 1

Quels sont les corps pouvant être assimilés au référentiel terrestre ? Cochez l (les) bonne(s) réponse(s) :

- Une salle de classe
- Un train qui roule
- Une table
- Un trottoir

Etudier le mouvement d'une planète ou celui d'un athlète qui court le 100 m nécessitent des unités de longueur et temps différents et des instruments de mesure différents. On doit donc identifier des échelles spatiales et temporelles adaptées aux situations.

Exemples d'échelles spatiales

Dans la vie courante, l'échelle spatiale est donnée par le m. En astronomie, on va utiliser des unités beaucoup plus grandes comme l'année lumière. Dans le domaine atomique, on utilisera des unités plus petites comme le nanomètre.

Exemples d'échelles temporelles

Chronométrage dans le sport

Jusqu'au XVIII^{ème} siècle, les compétitions sportives se passaient de chronométrage. Seule la victoire importait. On chronomètre en secondes pour la première fois en 1731 une course hippique en Angleterre.

Les **chronographes à aiguilles** permettent au XIX^{ème} siècle d'avoir une précision de 1/5^{ème} de seconde. On atteint à la fin du XIX^{ème} siècle une précision de 1/10^{ème} de seconde. Ces chronomètres, généralement utilisés à partir de 1912, sont suffisants pour tout chronométrage manuel, car **l'œil humain ne peut distinguer des événements séparés de moins de 1/10^{ème} de seconde.**

Les **premiers chronométrages électriques** font leur apparition en 1902 avec une précision du 1/100^{ème} de seconde. Ce sont des capteurs qui déclenchent la mise en route et l'arrêt du chronomètre, ce qui permet d'accroître la précision. Ils sont utilisés aux Jeux olympiques pour la première fois à Los Angeles en 1932 (mais on continue à afficher les temps au de 1/10^{ème} de seconde. L'affichage au 1/100^{ème} apparaît au Jeux de 1952 à Helsinki (les 3 premiers arrivent alors dans un délai de 4/100^{ème} !).

Vers 1970, la précision augmente encore avec des chronométrages au 1/1000^{ème}.

Dans le sport le temps se mesure dans certains cas au 0,001 s près. En astronomie, cette précision est inutile : on va utiliser des temps en heures, jours, années...



DESCRIPTION D'UN MOUVEMENT

Mouvement d'un point matériel

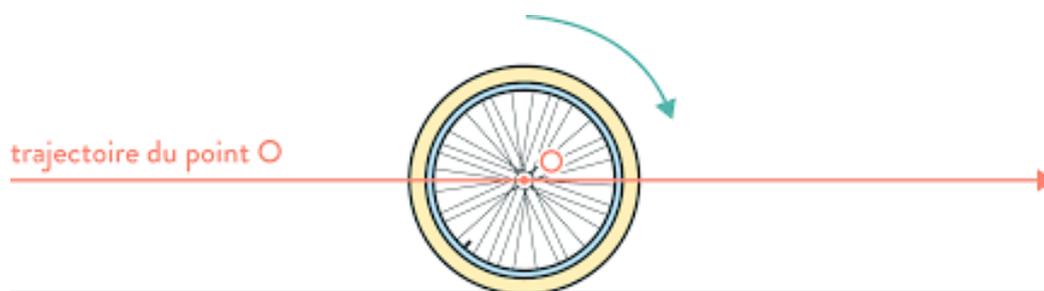
Après avoir défini le système et le référentiel nous allons décrire la nature du mouvement.

Dans la suite, on va généralement considérer que les corps étudiés sont assimilés à des points matériels (en général, on prend leur centre de gravité) et on suppose que toute la masse du corps y est concentrée.

- Il s'agit d'une **modélisation** : on perd certaines informations sur le mouvement de l'objet.

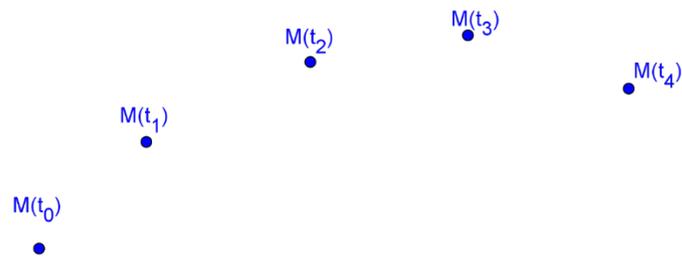
Exemple

Si on étudie le mouvement d'une roue de vélo d'un cycliste, on va s'intéresser au centre de la roue. Mais dans le cadre de ce cours, on n'étudiera pas le mouvement de rotation de la roue sur elle-même.

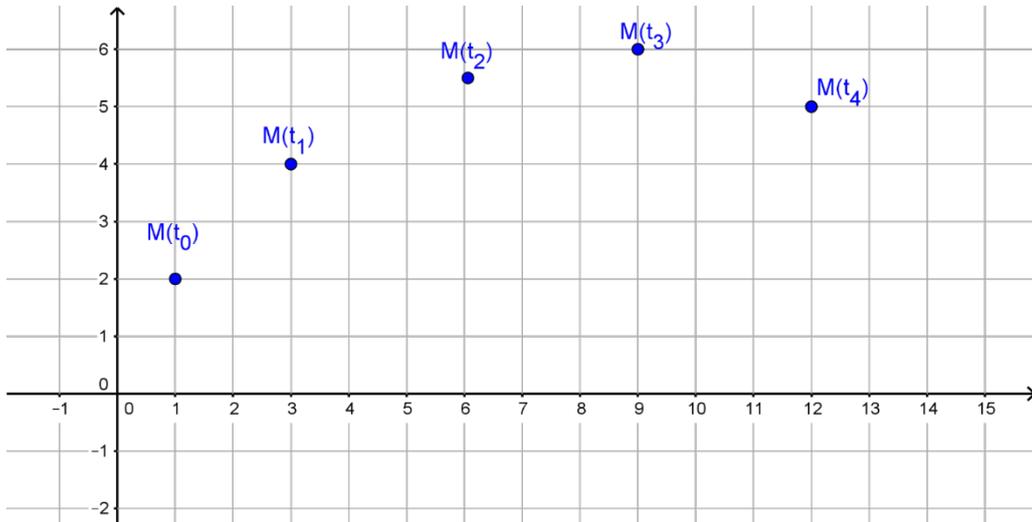


L'ESSENTIEL

Dans un référentiel donné, un point est **en mouvement** si sa position varie au cours du temps.



On peut donner les différentes positions d'un point M dans un repère lié au référentiel.



➤ Les coordonnées de M sont des fonctions du temps.

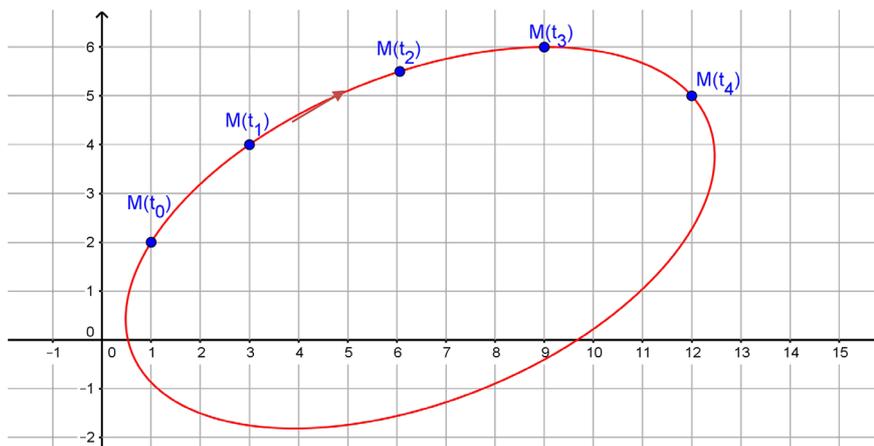


L'ESSENTIEL

La trajectoire d'un point est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours de son mouvement. On oriente la trajectoire avec le sens du mouvement.

Pour visualiser une trajectoire, on utilise parfois une **chronophotographie** qui est un ensemble de photographies faites à intervalles réguliers que l'on superpose.

Trajectoire tracée dans un repère :



La trajectoire est la courbe rouge. Le mouvement se fait dans le sens horaire.

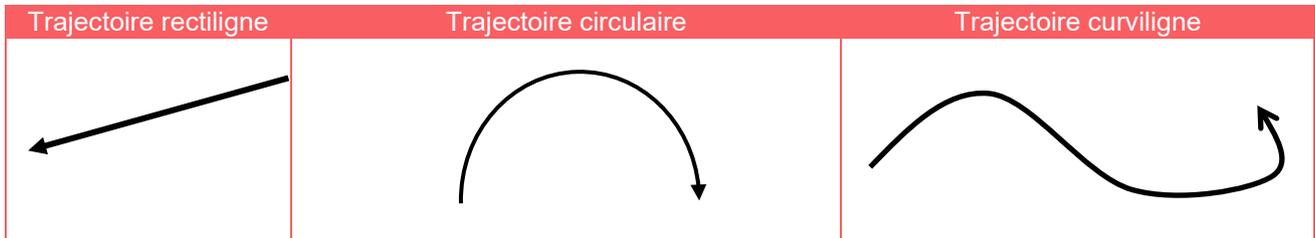


L'ESSENTIEL

La **trajectoire** d'un point est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours de son mouvement. On oriente la trajectoire avec le sens du mouvement.

Le mouvement est :

- **Rectiligne** si la trajectoire est une portion de droite.
- **Curviligne** si la trajectoire est une portion de courbe (il est **circulaire** si la trajectoire est portée par un cercle).



À VOUS DE JOUER 2

Relié chaque cas à la trajectoire qui lui correspond :

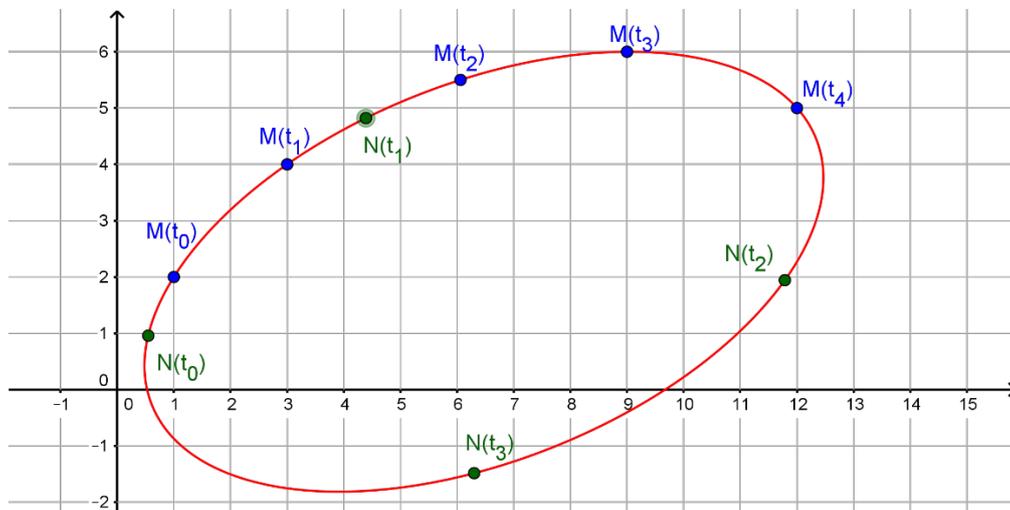
- | | | | |
|---|---|---|------------------------|
| Si on lâche une bille, elle tombe verticalement | ■ | ■ | Trajectoire curviligne |
| Si on envoie un ballon à un partenaire | ■ | ■ | Trajectoire circulaire |
| La trajectoire de Vénus autour du Soleil est en première approche | ■ | ■ | Trajectoire rectiligne |



DESCRIPTION D'UN MOUVEMENT

Vecteur vitesse

- La trajectoire ne suffit pas à décrire le mouvement : par exemple, une même trajectoire peut être parcourue plus ou moins vite. Cela fait l'objet du paragraphe suivant.



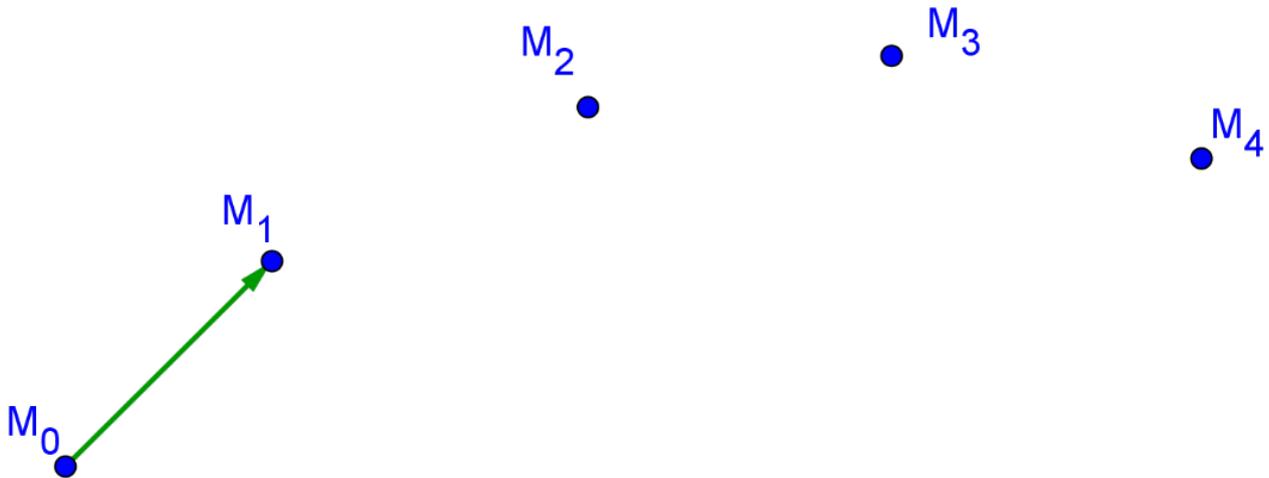
M et N ont la même trajectoire mais des mouvements différents : N parcourt plus vite la trajectoire.



L'ESSENTIEL

Quand un point matériel se déplace d'une position M à une position M', le **vecteur déplacement** se note $\overrightarrow{MM'}$.

Exemple



On a tracé le vecteur déplacement $\overrightarrow{M_0M_1}$.



À VOUS DE JOUER 3

Représenter sur le graphique ci-dessus le vecteur déplacement $\overrightarrow{M_3M_4}$.



L'ESSENTIEL

Si un point occupe la position M au temps t et M' au temps t', le **vecteur vitesse moyenne** vaut :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \text{ avec } \Delta t = t' - t$$

La **vitesse moyenne** v d'un point est le rapport entre la distance parcourue pendant un temps Δt et ce temps : $v = \frac{d}{\Delta t}$. **La vitesse moyenne est donc la norme du vecteur vitesse moyenne.**

- Suivant les unités choisies pour la distance et le temps, la vitesse peut s'exprimer en :
 - **Mètres par seconde** (m/s ou $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) : c'est l'unité du système international.
 - **Kilomètres par heure** (km/h ou $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) : la longueur est exprimée en kilomètres et la durée en heures.

$$1 \text{ km/h} \approx 0,28 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$

On qu'un point matériel occupe successivement les positions $M_1, M_2, M_3, M_4, \dots$ avec un écart de temps entre 2 positions de Δt .

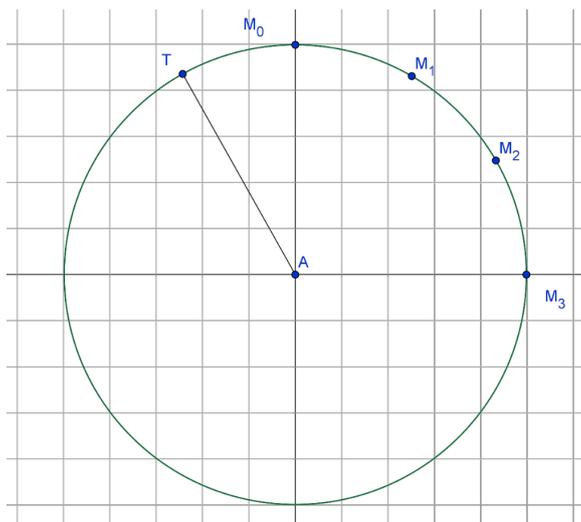
Le vecteur vitesse en M_i est donc le vecteur vitesse moyenne entre M_i et la position occupée après un intervalle de temps Δt .

$$\vec{v}_{(M_i)} = \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\Delta t}$$



À VOUS DE JOUER 4

On considère une pendule de rayon 10 cm avec une trotteuse (aiguille faisant 1 tour par minute). On considère le mouvement de la pointe de la trotteuse T. L'unité de temps est la seconde. Le temps entre 2 positions est 5 s



1. Placer M_6 .
2. La vitesse moyenne entre M_0 et M_6 s'écrit : $\frac{\overrightarrow{M_0M_6}}{\dots\dots\dots}$.
3. Que vaut le vecteur vitesse moyenne entre les positions espacées d'une minute ?
4. Construction du vecteur vitesse en M_2 . $\vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1M_3}}{\dots\dots\dots}$
 - a. Le vecteur \vec{v}_2 est conc colinéaire et dans le même sens que $\overrightarrow{M_1M_3}$.
 - b. Sa norme vaut $\frac{\dots\dots\dots}{10}$.
 - c. On trace le segment $[M_1M_3]$ et on le mesure sur le graphique. Connaissant l'échelle, on peut déterminer la valeur réelle de M_1M_3 .

M_0M_6 vaut cm sur le graphique. En réel, M_0M_6 vaut 20 cm.
 M_1M_3 vaut cm sur le graphique. En réel, M_1M_3 vaut donc cm.

- d. Donc $v_2 = \frac{\dots\dots\dots \times 10^{-2}}{\dots\dots\dots} = 0,01 \text{ m/s}$
- e. On choisit comme échelle pour les vitesses 1 cm pour 0,005 m/s.
 Il faut donc tracer un vecteur de longueur cm.

Lorsque Δt devient très petit, on obtient le vecteur vitesse instantanée au point donné. Celui-ci est tangent à la trajectoire.



À VOUS DE JOUER 5

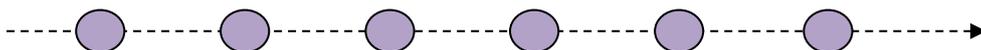
La trotteuse parcourt $2\pi R$ soit 63 cm en 1 min. La vitesse instantanée vaut donc :

..... m/s.

Commenter le résultat par rapport à ce qui a été fait dans AVDJ4.

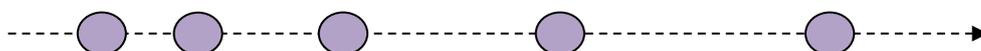
- Dans un mouvement uniforme, la distance entre 2 points consécutifs d'une chronophotographie est constante.
- Dans un mouvement accéléré, la distance entre 2 points consécutifs d'une chronophotographie augmente.
- Dans un mouvement retardé, la distance entre 2 points consécutifs d'une chronophotographie diminue.

- Chronophotographie d'un mouvement rectiligne uniforme.



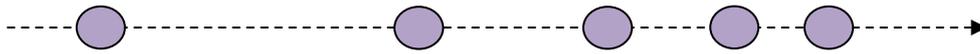
Entre 2 images, le point a parcouru la même distance.

- Chronophotographie d'un mouvement rectiligne accéléré.



Entre 2 images, le point parcourt une distance de plus en plus grande.

- Chronophotographie d'un mouvement rectiligne retardé.

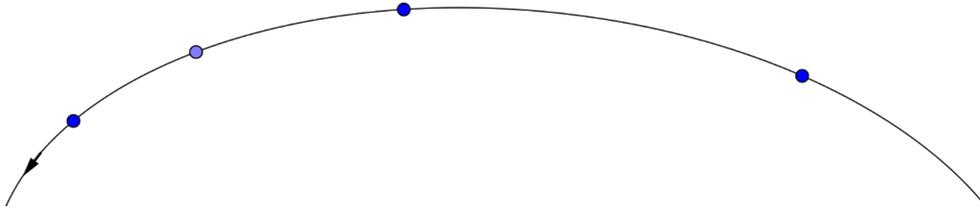


Entre 2 images, le point parcourt une distance de plus en plus petite.



À VOUS DE JOUER 6

Entourer la bonne réponse.



Le mouvement est :

rectiligne/curviligne

Le mouvement est :

uniforme/accéléré/retardé

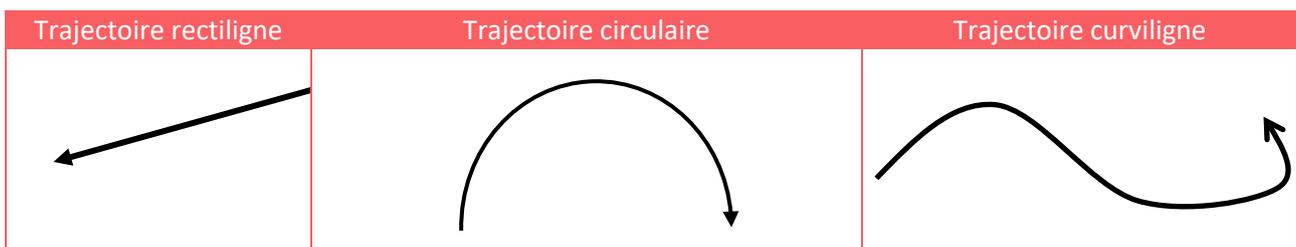
LE TEMPS DU BILAN

- Le **système** est l'objet (corps) ou l'ensemble d'objets liés dont on étudie le mouvement. On modélise souvent un système par **un point matériel**.
- Un **référentiel** est un ensemble de points considérés comme immobiles, par rapport auxquels on étudie le mouvement des objets.
- Un référentiel est généralement représenté à l'aide d'un **repère orthonormé** composé d'une origine et de 3 axes.
- Dans les applications courantes on utilise le **référentiel terrestre**.
- Pour étudier le trajet d'un avion ou celui d'un satellite artificiel terrestre, on utilise le référentiel géocentrique.
- Pour étudier le mouvement d'une sonde spatiale ou celui des planètes, on utilise le référentiel héliocentrique.
- Dans un référentiel donné, un point est **en mouvement** si sa position varie au cours du temps.
- La **trajectoire** d'un point est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours de son mouvement.

Quand un point matériel se déplace d'une position M à une position M₂, le **vecteur déplacement** se note $\overrightarrow{MM'}$.

Si un point occupe la position M au temps t et M' au temps t', le **vecteur vitesse moyenne** vaut :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$$



Mouvement rectiligne uniforme	Mouvement circulaire uniforme
Trajectoire rectiligne vecteur vitesse constant	Trajectoire circulaire vecteur vitesse de norme constante qui tourne

- Si la norme du vecteur vitesse augmente, le mouvement est accéléré.
- Si la norme du vecteur vitesse diminue, le mouvement est retardé

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances. Les exercices ont été classés dans un ordre d'approfondissement croissant. Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

EXERCICE

01

Deux journalistes filment l'arrivée d'une course d'un cycliste. Le premier est à bord d'une moto et le suit et le second est sur la ligne d'arrivée. Déterminer dans chaque cas le système et le référentiel.

EXERCICE

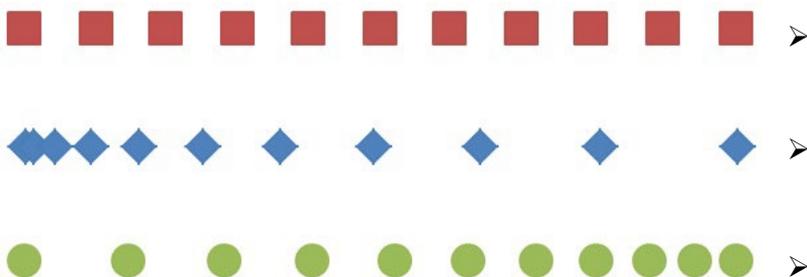
02

Une équipe cycliste a parcouru 4000m sur piste en 3min 53s 514ms. Quelle est la vitesse moyenne de la course en m/s et en km/h ?

EXERCICE

03

Voici une chronophotographie du mouvement de 3 objets. Déterminer les mouvements de chacun d'eux.



EXERCICE

04

Quel référentiel utiliseriez-vous pour étudier :

- Le décollage d'une fusée Ariane

- Les satellites de Jupiter

- Le mouvement de Neptune

EXERCICE

05

1. Décrire le mouvement du sommet de la Tour Eiffel :

a) Dans le référentiel terrestre.

.....

b) Dans le référentiel géocentrique.

.....

2. Calculer la vitesse dans le référentiel géocentrique d'un point situé à l'équateur.

Donnée : rayon de la Terre $R_T = 6400$ km

.....

.....

.....

EXERCICE

06

On suppose que le centre de la Terre tourne autour du Soleil en 365,25 jours à vitesse constante. *Quelle est sa vitesse ?*

Donnée : rayon de l'orbite terrestre $R = 1,5 \times 10^8$ km

.....

.....

EXERCICE

07

La sonde Voyager 2 s'éloigne du Soleil à la vitesse d'environ 470 millions de kilomètres par an. *Quelle est sa vitesse en m/s ? Comparer cette vitesse à la vitesse de la lumière (on donnera le rapport à l'aide d'un pourcentage).*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EXERCICE

08

On note l'abscisse d'un point matériel ayant une trajectoire rectiligne. Le mouvement est-il uniforme ?

Temps (s)	0	0,2	0,5	0,7	1,1
Abscisse (m)	0	0,42	1,05	1,47	2,31

EXERCICE

09

On note l'abscisse d'un point matériel ayant une trajectoire rectiligne. On dispose d'une chronophotographie de n clichés ($n > 3$) pris toutes les 0,1 s. Ecrire un programme Python qui détermine si le mouvement est uniforme, accéléré, retardé ou aucun des 3.



Au cours de ce chapitre seront tout d'abord différenciées les notions d'actions et de réactions. Les notions de forces seront alors vues ainsi que quelques exemples. Le principe d'actions et de réactions sera vu ainsi que le bilan des forces.

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Modélisation d'une action par une force.
- Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton).
- Caractéristiques d'une force.
- Exemples de forces : force d'interaction gravitationnelle ; poids ; force exercée par un support et par un fil.

Q PRÉ-REQUIS

- Vecteurs.
- Trigonométrie.



Première approche



Skieur utilisant un télésiège

1. Pourquoi peut-on dire que le sol et le skieur sont en interaction ?

.....

2. Quelle action permet au skieur d'avancer ?

.....

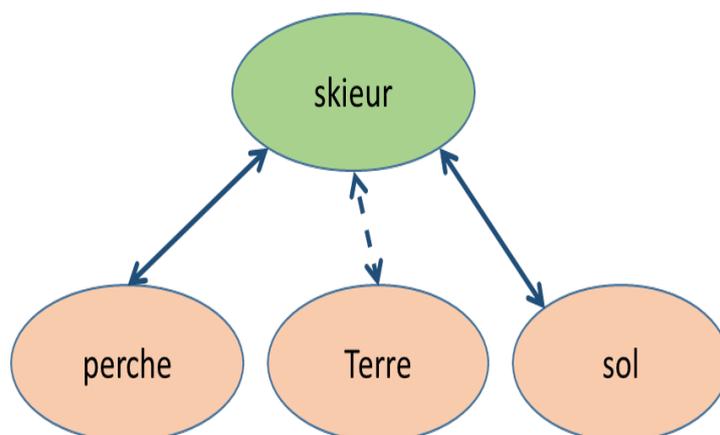
3. Existe-t-il une autre action ?

.....

4. Avec quels corps le skieur est-t-il en interaction ?

.....

5. Voici le diagramme objet-interactions du skieur.



Pourquoi a-t-on représenté 2 interactions en trait plein et 1 en pointillés ?

.....

.....

CORRECTION ACTIVITE

1. Le sol évite au skieur de passer au travers de la neige ; la neige est marquée par les traces de ski.
2. L'action de la perche sur le skieur.
3. Le skieur est soumis à son poids.
4. Il est en interaction avec la perche, le sol et la Terre.
5. Les interactions avec le sol et la perche se font par contact. La Terre exerce une interaction à distance.



MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

Actions et interactions



L'ESSENTIEL

Deux corps sont en interaction s'ils agissent l'un sur l'autre.



Une personne qui pousse une voiture exerce une **action mécanique** sur la voiture. Elle est en interaction avec la voiture. Réciproquement, la voiture est en **interaction** avec la personne. Il y a également une interaction entre la personne et le sol.



La Terre attire la Lune. Elle exerce une **action mécanique** sur la lune : elle est en interaction avec la Lune. Réciproquement, la Lune attire la Terre. Il s'agit de **l'interaction** gravitationnelle.



L'ESSENTIEL

Les actions mécaniques à distance s'exercent même quand il n'y a pas contact.

Exemple : une bille d'acier va être déviée par l'action de l'aimant sans toucher l'aimant. Elle est également soumise à son poids. Ces deux actions mécaniques s'exercent à distance.



L'ESSENTIEL

Les actions mécaniques de contact ne peuvent exister sans contact entre les systèmes

Exemple : un ballon reçoit un coup de pied : il s'agit d'une action **de contact**.

➤ La Terre exerce une action à distance sur tous les objets.

Les interactions entre un objet donné (système étudié) et les objets qui l'entourent sont modélisées par un **diagramme objet-interaction**.

- Les interactions de contact sont représentées par des segments pleins fléchés aux extrémités.
- Les interactions à distance sont représentées par des segments en pointillés fléchés aux extrémités.

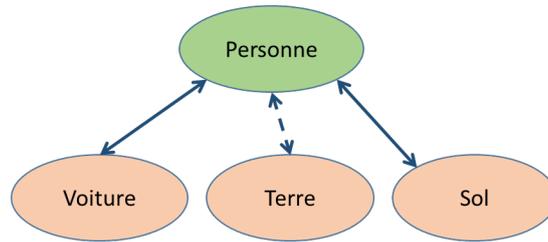


Diagramme objet-interaction de l'exemple 1



À VOUS DE JOUER 7

Compléter avec de contact ou à distance les phrases suivantes :

Un aimant attire une bille d'acier. Il s'agit d'une interaction

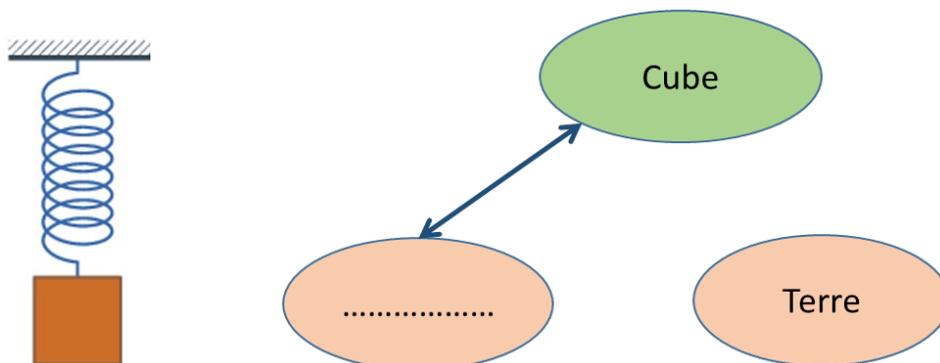
Un enfant pousse une brouette. Il s'agit d'une interaction.....

Un enfant donne un coup de pied dans un ballon. Il s'agit d'une interaction



À VOUS DE JOUER 8

Compléter le diagramme :



L'ESSENTIEL

Une action exercée sur un objet peut :

- le mettre en mouvement
- modifier son mouvement (vitesse, direction, trajectoire)
- peut le déformer.

Si on shoote dans un ballon celui-ci va se mettre en mouvement. Si on appuie sur de la pâte à modeler, elle va se déformer.



À VOUS DE JOUER 9

Compléter le tableau.



Action mécanique	Effet de l'action	Action de <i>contact</i> /à <i>distance</i>
Action de la raquette sur la balle		
	Le cordage se déforme à l'impact.	
	La balle retombe au sol.	



MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

Forces



L'ESSENTIEL

On modélise une action mécanique par une **force**

\vec{F} système extérieur/système étudié

Une force va être représentée par un vecteur (segment fléché) \vec{F} .

Une force a quatre caractéristiques :

- **Son point d'origine** : le point d'application de cette force sur le système
- **Sa direction** : la droite d'action qui porte cette force
- **Son sens** : le sens d'action de cette force
- **Son intensité ou valeur** : grandeur toujours positive correspondant à l'importance de l'action mécanique.

➤ L'intensité d'une force s'exprime en **newton** (N). Elle correspond à la norme mathématique du vecteur.

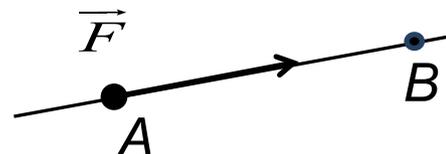
Exemple : caractéristiques de la force \vec{F}

Point d'origine : A

Direction : (AB)

Sens : de A vers B

Intensité (en N) : F



Il ne faut pas confondre direction et sens d'une force : par exemple, à Paris, la ligne n°4 du métro correspond à une direction. Le sens est la ligne n°4 de Porte d'Orléans vers Porte de Clignancourt, ou inversement.

➤ Quand un corps A exerce une force sur un corps B, on le note $\vec{F}_{A/B}$. On dit alors que A et B sont en **interaction**.

➤ Une force peut également déformer un corps. Mais on ne s'intéresse ici qu'à des points matériels.

Nous en verrons des exemples dans le chapitre sur la gravitation universelle.



À VOUS DE JOUER 10

Représenter la force F_1 qui modélise l'action de la raquette sur la balle.
Représenter la force F_2 qui modélise l'action de la Terre sur la raquette.



03

MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

Exemple de forces

INTERACTION GRAVITATIONNELLE ET POIDS

L'interaction gravitationnelle est en particulier responsable :

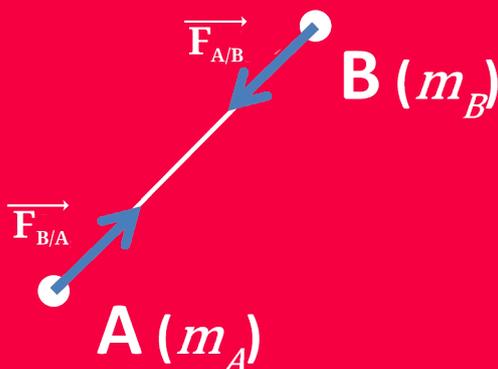
- De la **chute des corps** au voisinage de la Terre,
- **Du mouvement des astres** (mouvements de la Lune autour de la Terre, des planètes autour du Soleil, des galaxies)...

➤ Le terme gravitation est également utilisé pour décrire le mouvement circulaire d'un corps autour d'un autre : on dit que la Terre gravite autour du Soleil. Généralement, ce mouvement est issu de la force gravitationnelle, mais il peut également être dû à une autre force comme une force électrique.



L'ESSENTIEL

Loi de Newton : Deux corps ponctuels A et B, de masse m_A et m_B , séparés d'une distance r exercent l'un sur l'autre une force attractive de gravitation.



Caractéristiques de la force $\vec{F}_{A/B}$
(Exercée par la masse A sur la masse B)

Point d'application : B
Direction : droite (AB)
Sens : opposé à \vec{AB}
Intensité (norme) :

$$F = G \frac{m_A m_B}{r^2}$$

G : constante universelle de gravitation

$$G \approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$
$$r = AB$$

- La force de gravitation est **uniquement attractive**. Deux masses ne peuvent pas se repousser.
- La formule de Newton est valable pour des corps ponctuels. Lorsque les corps sont distants, ils peuvent être assimilés à des points matériels (la force d'attraction s'applique en leur centre de gravité). Elle est également valable pour des corps homogènes sphériques.
- On peut remarquer que si un corps A exerce une force de gravitation sur un corps B, alors ce corps B exerce une force opposée sur le corps A. **Il s'agit d'un principe fondamental en mécanique qui s'appelle le principe d'action-réaction.**
- Des masses, même de valeurs très différentes interagissent donc de la même façon l'une sur l'autre. **On admettra que, si les deux masses sont de valeurs très différentes, seule la plus grande est capable de mettre la plus faible en mouvement.**

Exemple : un homme sur Terre ne ressentira que les effets de l'attraction exercée par la Terre sur lui (son poids). Il ne ressentira ni la force d'attraction exercée par un autre homme (masse trop faible), ni celle du Soleil (trop éloigné). Deux personnes de 80 kg situées à une distance de 1 m exercent l'une sur l'autre une force d'intensité $F = 4 \times 10^{-7}$ N, soit la même force que le poids d'un objet de 0,00004 g à la surface de la Terre.



L'ESSENTIEL

La force due à l'interaction gravitationnelle au voisinage de la Terre ou de tout autre corps massif (autre planète, Lune) est le **poids**. Le poids d'un objet à un endroit est proportionnel à sa masse m .

$$P = mg$$

g l'intensité de la pesanteur. Pour la Terre $g \approx 9,8$ N/kg

Calcul de la pesanteur terrestre : d'après la loi de Newton, la Terre (de masse M_T) exerce sur la masse m une force d'intensité : $P = G \frac{m M_T}{r^2}$ à la distance r . A la surface de la Terre (on admettra que l'expression de la loi de Newton est valable pour tout corps non ponctuel sphérique) on a donc :

$$g = \frac{GM_T}{R_T^2}.$$

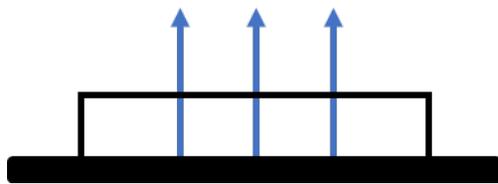
Valeurs : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I. $M_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg $R_T = 6400$ km = $6,4 \times 10^6$ m

$$g = \frac{GM_T}{R_T^2} \approx 9,8 \text{ N/kg}$$

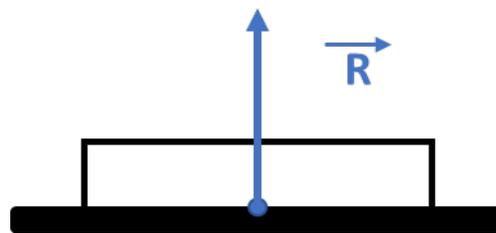
- Le poids est une force. Il s'exprime donc en newtons. Il ne faut donc pas le confondre avec la masse d'un corps (valeur intrinsèque du corps) qui s'exprime en kilogrammes). Le poids d'un corps dépend de l'endroit où il est ; sa masse est indépendante de l'endroit.

FORCE EXERCÉE PAR UN SUPPORT

Exemple : si, quand on pose un livre sur une table, il ne tombe pas c'est parce que la table exerce sur ce livre une force appelée réaction. En fait, la table exerce des petites réactions élémentaires en tout point de la surface en contact. On résume ces forces élémentaires en une seule force qu'on applique au centre de la surface.



Réactions élémentaires



Réaction du support



L'ESSENTIEL

Les caractéristiques d'une **réaction d'un support** sont les suivantes :

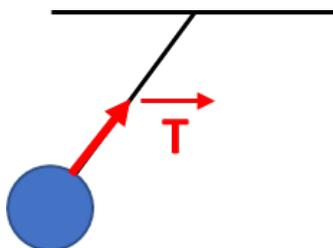
- **Point d'application** : centre de la surface de contact
- **Direction** : perpendiculaire au support
- **Sens** : du support vers le système.

- Une réaction est donc une force de contact.
- La valeur de la réaction peut être calculée dans certains cas (voir chapitre suivant).

FORCE EXERCÉE PAR UN FIL

Exemple :

Si, une bille fixée à un fil accroché au plafond ne tombe pas, c'est parce que le fil exerce sur cette bille une force appelée **tension**.



L'ESSENTIEL

Les caractéristiques d'une **tension d'un fil** sont les suivantes :

- **Point d'application** : point d'attache
- **Direction** : celle du fil
- **Sens** : du fil vers le système.

- Une réaction est donc une force de contact.
- La valeur de la tension peut être calculée dans certains cas (voir chapitre suivant).

Actions à distance	Actions de contact
<ul style="list-style-type: none"> • Poids dû à l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre ou par un autre corps de masse importante • Forces électriques et magnétiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaction d'un support (elle empêche à un objet de passer au travers du support) • Poussée d'Archimède (actions exercées par un fluide sur un solide) • Frottements • Tension exercée par un fil • Action ponctuelle (coup de pied...)

MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

Principes des actions réciproques



L'ESSENTIEL

Les caractéristiques d'une **tension d'un fil** sont les suivantes :

- **Point d'application** : point d'attache
- **Direction** : celle du fil
- **Sens** : du fil vers le système.

Exemple :



L'effet d'une force sur le mouvement d'un corps est d'autant plus important que la masse du corps est faible

C'est pour cette raison que la Terre a un effet sur un stylo (le stylo tombe) mais que la Terre ne tombe pas sur le stylo ! Pourtant la force exercée par la terre sur le stylo a la même intensité que la force exercée par le stylo sur la Terre.

MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

Bilan des forces

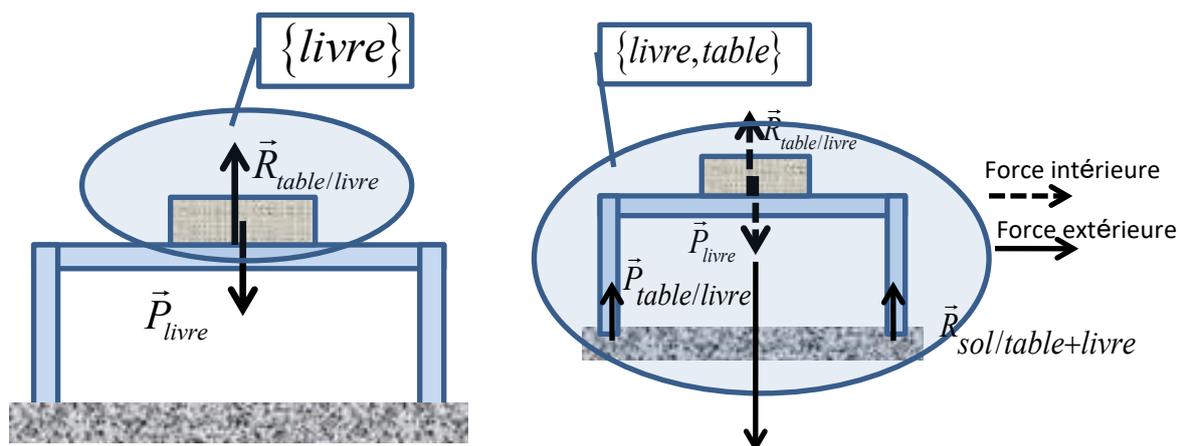


L'ESSENTIEL

Les caractéristiques d'une **tension d'un fil** sont les suivantes :

- **Point d'application** : point d'attache
- **Direction** : celle du fil
- **Sens** : du fil vers le système.

Exemple : on considère un livre posé sur une table, la table étant posée sur le sol. On peut étudier le système {livre} ou le système {livre, table}.

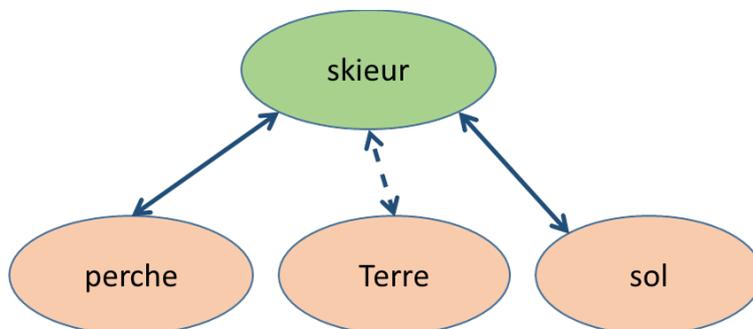


Système	{Livre}	{Livre, table}
Forces intérieures		Poids du livre Force de réaction de la table
Forces extérieures	Poids du livre Réaction de la table sur le livre	Poids livre + table Réaction du sol sur l'ensemble livre + table (exercée sur chacun des pieds)

- L'étude d'un système revient à étudier l'ensemble des **forces extérieures** qui lui sont appliquées. Il est donc essentiel de bien définir le système qu'on étudie.

LE TEMPS DU BILAN

- Deux corps sont en interaction s'ils agissent l'un sur l'autre. On distingue les actions de **contact** et les actions à **distance**.

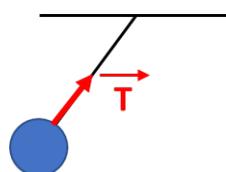


- Force d'interaction gravitationnelle :
« à la surface de la Terre cette force est le poids »

Réaction du sol



Tension d'un fil



- Principe des actions réciproques (3^{ème} loi de Newton) :
« si un corps A exerce une force sur un corps B $\vec{F}_{A/B}$, alors B exerce sur A une force opposée $\vec{F}_{B/A}$ »
- L'étude d'un système revient à étudier l'ensemble des **forces extérieures** qui lui sont appliquées

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances.
Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

EXERCICE

10

Un corps est au repos. Peut-il se mettre en mouvement spontanément ? Pourquoi ?

Un corps a une vitesse de 1 m/s. Peut-il s'arrêter spontanément ? Pourquoi ?

EXERCICE

11

Quel est le poids d'un corps de 10 kg sur Terre et à la surface du Soleil ?

Données :

- Constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- Masse du Soleil : $M_S = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Rayon du Soleil : $R_S = 700\,000 \text{ km}$
- Masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Rayon de la Terre : $R_T = 6400 \text{ km}$

EXERCICE

12

Un corps de masse m est situé sur le segment joignant les centres de la Terre et de la Lune.

1. Faites un schéma.
2. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur ce corps ? Donnez pour chacune d'elles ses caractéristiques et représentez-les sur le schéma.
3. A quelle distance de la Terre faut-il placer le corps pour qu'il soit en équigravité (c'est-à-dire autant attiré par la Terre que par la Lune) ?

Données :

- Constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- Masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Masse de la Lune : $M_L = 7,4 \times 10^{22} \text{ kg}$
- Distance moyenne Terre-Lune : 384000 km



Mouvement

On suppose que le véhicule gris a un mouvement rectiligne uniforme.

1. Que signifie l'expression rectiligne uniforme ?

.....

2. Quel est le mouvement de la remorque par rapport à un observateur au bord de la route ?

.....

.....

3. Quel est le mouvement de la remorque par rapport au conducteur du véhicule gris ?

.....

Forces

4. A quoi correspond la force \vec{F} représentée ? Compléter. \vec{F}/.....

.....

5. Avec quels objets le véhicule gris est-il en interaction (indication : on doit en trouver 3) ?
Faire un diagramme objet-interaction du véhicule gris.

.....

.....



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**

