

# Modèle en physique ?

<b>Compétence travaillée :</b> (Élaborer) S'approprier et/ou choisir et utiliser un modèle adapté.
<b>Thème d'appui à l'activité :</b> Objet en chute dans le champ de pesanteur local.
<b>Support de l'activité :</b>  Deux séances de 1 h qui peuvent être menées à la suite (procédure conseillée), s'appuyant sur des documents et des questionnaires.
<b>Résumé :</b>  Compte tenu du sous-titre « <i>Lois et modèles</i> » du thème « <i>COMPRENDRE</i> » du programme de première S, voici deux activités pour : <ul style="list-style-type: none"><li>- Réfléchir sur l'objet des sciences physiques, notamment la notion de modèle à partir d'une activité proposée par le groupe SESAMES de l'INRP.</li><li>- Approfondir cette réflexion en posant un regard critique sur différents modèles décrivant la chute d'un objet pour devenir capable de choisir un modèle opérant.</li></ul>
<b>Mots clefs :</b> théorie, modèle, modélisation, limite et validité d'un modèle, modèle opérant.
<b>Auteur et établissement :</b> Philippe Chevallier et Cédric Bergeras, Lycée Rotrou à Dreux (pour la séance 2).  Les activités proposées lors de la séance 1 sont issues des travaux du groupe SESAMES (Situations d'Enseignement Scientifique : Activités de Modélisation, d'Évaluation, de Simulation), groupe de recherche et de développement composé d'enseignants de sciences physiques, et de chercheurs en didactique de l'UMR ICAR : Unité Mixte de Recherche 5191 (Université Lyon 2, CNRS, <a href="#">IFÉ (ex INRP)</a> , ENS-Lyon). Les ressources produites sont disponibles sur le site <a href="#">PEGASE</a> .

## Première séance : « Qu'est-ce que la physique ? »

Durée : 1 heure.

Compétence travaillée : S'approprier et/ou choisir et utiliser un modèle adapté.

Objectif : S'interroger sur la nature et le fonctionnement de la physique puis s'approprier la notion de « modèle ».

Question Zéro : Avant de débiter ces deux activités, évaluer sur une échelle de 1 à 5 comment vous vous sentez vis à vis de la compétence travaillée (1 : pas à l'aise du tout, 5 : maîtrise parfaite) : \_\_\_\_\_

### Activité 1 - Discussion sur les objectifs et les propriétés de la physique.

1. Pour chacune des lignes suivantes, cocher la case qui correspond le mieux à votre point de vue.

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
1. La physique a pour objectif de faire de nouvelles découvertes sur le monde qui nous entoure.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La physique a pour objectif de faire de ce monde un meilleur endroit pour vivre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. La physique a pour objectif d'établir la vérité sur les phénomènes qui nous entourent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Faire de la physique consiste à appliquer des formules mathématiques pour trouver un résultat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Faire de la physique nécessite d'utiliser des théories, des modèles, et des lois pour décrire et interpréter le monde autour de nous.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Faire de la physique conduit à mettre au point et réaliser des expériences qui nécessitent souvent de faire des mesures.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. La physique est une science qui peut remettre en cause ses propres théories.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. On a besoin de définir la physique pour l'apprendre et pour en faire.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Indiquez dans les cases correspondantes, par ordre de préférence, les 3 définitions avec lesquelles vous êtes le plus d'accord (1 pour la meilleure proposition, etc.).

Pour vous, un modèle en physique, c'est :

- Un élément d'une théorie utilisé en science.
- Une situation idéale de référence.
- Une façon de décrire quelque chose de réel à l'aide d'éléments théoriques.
- Une simplification du réel.
- Une représentation du réel à l'aide de schémas et de formules.

## Activité 2 - Comment la physique fonctionne-t-elle ? Un exemple historique.

Le texte qui suit illustre, à partir d'un exemple historique important, quelques caractéristiques du fonctionnement de la physique. Après la lecture du texte, répondre aux quelques questions qui suivent.

### L'évolution des idées au sujet de la gravitation

#### Le modèle de Newton

Le physicien Isaac Newton, à la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle, a établi un modèle pour rendre compte de deux phénomènes *a priori* très différents :

- Lorsqu'on lâche un objet, il tombe au sol.
- La Lune est en orbite autour de la Terre, et d'après les travaux de Copernic (deux siècles plus tôt) les planètes, dont la Terre, sont en orbite autour du Soleil.

Afin de décrire et d'interpréter ces phénomènes Newton établit un modèle appelé plus tard *Gravitation Universelle*. Ce modèle indique que tout objet exerce sur un autre objet une force attractive appelée force de gravitation. Il donne également une formule qui permet de calculer la valeur de cette force en fonction des masses des objets et de la distance qui les sépare.

Ce modèle permet d'interpréter :

- la chute d'un objet sur Terre par la force de gravitation que la Terre exerce sur cet objet.
- le mouvement de la Lune autour de la Terre par la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune.
- le mouvement des planètes autour du soleil par la force de gravitation exercée par le Soleil sur celles-ci.

#### Le modèle d'Einstein

Le mouvement de Mercure n'était pas non plus exactement identique à celui prévu par le modèle de Newton : en effet, au début du XX<sup>ème</sup> siècle, la distance entre Mercure et le Soleil à une date donnée était légèrement différente de la distance obtenue à l'aide du modèle de Newton. Seulement, le modèle newtonien jouissait d'un tel crédit que tout le monde pensait que c'était la mesure qui manquait de précision et que cela ne remettait donc pas en cause le modèle.

Albert Einstein, en 1917, publia sa fameuse théorie de la relativité générale. Cette théorie introduit un autre modèle de la gravitation, différent du modèle de Newton : pour Einstein il n'existe pas de force de gravitation, mais la présence d'un astre est communiquée aux astres voisins par des "ondes gravitationnelles" progressant à la vitesse de la lumière. Ce nouveau modèle, beaucoup plus compliqué, peut

En plus de fournir une interprétation satisfaisante à des phénomènes déjà observés, le modèle de Newton a permis de prévoir d'autres phénomènes. Voici par exemple comment on a découvert la planète Neptune. Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, des astronomes mesurèrent la vitesse de la planète Uranus mais la valeur mesurée était différente de la valeur prévue par le modèle de Newton ! Certains physiciens en ont conclu que le modèle de Newton n'était pas pertinent pour rendre compte des orbites des planètes lointaines et qu'il fallait le corriger. D'autres ont pensé que le mouvement d'Uranus était perturbé par une autre planète encore plus lointaine. L'un d'eux, nommé Urbain Le Verrier utilisa alors le modèle de Newton pour établir qu'une 8<sup>e</sup> planète d'une masse égale à  $10^{26}$  kg gravitait à une distance du soleil de 4,5 milliards de kilomètres. Quelques temps après, Neptune a pu être observée à l'endroit prévu. Cet événement marqua le triomphe du modèle de Newton, et c'est sans doute pour cela que longtemps les physiciens pensèrent qu'il ne serait jamais remis en cause. C'est pourtant ce qui arriva au début du XX<sup>ème</sup> siècle avec Einstein.

permettre d'obtenir pour certains phénomènes les mêmes résultats que le modèle de Newton, mais pour d'autres des résultats inaccessibles par le modèle de Newton. Par exemple, seul le modèle d'Einstein permet d'interpréter la valeur expérimentale de la période de révolution de Mercure.

Aujourd'hui on utilise toujours le modèle newtonien pour prévoir les mouvements des objets à la surface de la Terre (un lancer d'une balle par exemple), mais seul le modèle d'Einstein permet d'interpréter certains phénomènes cosmiques tels les trous noirs et de rendre possible le positionnement par satellite (GPS).

\*période de révolution : durée nécessaire pour que la planète fasse un tour autour du soleil.

1. a) Citer un événement évoqué dans le texte qui est bien interprété par le modèle de Newton.  
b) Citer un événement évoqué dans le texte qui illustre le fait que le modèle de Newton a des limites.
2. Avec les moyens actuels, on connaît plus précisément qu'au début du siècle la mesure de la période de révolution de Mercure. Quel(s) modèle(s) permet(tent) de trouver une valeur en accord avec cette mesure ?  
 Le modèle de Newton       Le modèle d'Einstein       Les deux
3. Pourquoi, dans certaines situations a-t-on intérêt à continuer à utiliser le modèle antérieur (ce sera par exemple majoritairement le cas dans votre scolarité pour le modèle de Newton) ?
4. a) Un événement donné permet-il d'affirmer qu'un modèle est valable ?  
b) Un événement donné permet-il d'affirmer qu'un modèle n'est pas valable ?
5. Pour chacune des lignes 4, 5, 6 et 7 du tableau de l'activité 1, cocher (avec une autre couleur) la case qui rend compte du point de vue "défendu" par le texte.

## Deuxième séance : « Quel modèle utiliser ? »

Durée : 1 heure.

Objectifs :  
 - Affiner la compréhension de ce qu'est un *modèle*.  
 - Savoir utiliser correctement les mots-clefs associés à la notion de *modèle*.

**Situation** :

Thomas, un élève de première S, prépare son premier saut en parachute. La veille, le moniteur lui a dit :  
 « L'avion va nous larguer à une altitude de 400 m au-dessus du sol.

Nos parachutes s'ouvriront automatiquement après une durée de chute de 3 s. »

Thomas veut calculer quelle distance verticale il va parcourir parachute fermé avant l'ouverture de son parachute. Thomas a regardé sur le site *wikipedia.org* au mot « chute ». Le site l'a envoyé pour la physique sur « chute libre (cinématique) ». Il a trouvé et admis les formules suivantes :

$$z_{CL} = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{où} \quad \begin{cases} g : \text{intensité de la pesanteur} \approx 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}; \\ z_{CL} : \text{distance parcourue en chute libre (m)}; \\ t : \text{durée de chute (s)}. \end{cases}$$

$$v_{CL} = g \cdot t \quad \text{où} \quad v_{CL} = \text{vitesse en chute libre à la date } t \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

Il a également trouvé à la page sur la « chute libre (dynamique) » la définition suivante :

« **Une chute libre est un mouvement sous le seul effet de la pesanteur.** »

### Appropriation du modèle

Avant d'aider Thomas dans ses calculs, nous allons nous approprier ce « modèle de la chute libre » inconnu pour nous en première S. La méthode d'appropriation proposée (question 1, 2 et 3) peut être réemployée *systématiquement* à la maison, en cours, dans le bus, sous la douche, bref partout où vous pensez *physique*.

1. De quelle *réalité observable* parle ce modèle ? [1 seule réponse]

- la chute d'un objet sur Terre ;  le mouvement des planètes autour du soleil.  
 le mouvement de la Lune autour de la Terre ;

2. De quoi ce modèle semble tenir compte ? [1 seule réponse]

- la forme de l'objet ;  l'attraction de la Terre ;  
 l'influence de l'air ;  la vitesse de l'objet.

3. Classez ces propositions suivant *votre* ordre de validité en justifiant simplement (1 la plus valide, 3 la moins).

Un modèle ... :

- explique pourquoi* il va descendre : car ...  
 *décrit comment* il va descendre : car ...  
 *permet de prévoir* de combien il va descendre : car ...

### Utilisation du modèle

4. Calculer la distance que va parcourir Thomas pendant  $t_{chute} = 3 \text{ s}$  :  $z_{CL} = \underline{\hspace{2cm}}$

5. Le moniteur lui avait dit qu'il allait chuter de 43 m. Calculer l'écart relatif, sachant que l'écart relatif se

calcule entre la valeur théorique notée  $X_t$  et la valeur mesurée  $X_m$  par l'expression :

$$\text{Ecart relatif (en \%)} = \frac{|X_m - X_t|}{X_t} \cdot 100 \quad \text{Ecart relatif} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Si, pour son résultat, Thomas accepte une *précision* de 5 %, peut-il utiliser ce modèle ? **Oui / Non**

7. Calculer la vitesse atteinte par notre jeune parachutiste à la même date (3 s) :  $v_{CL} = \underline{\hspace{2cm}}$

8. Dans ses recherches, sur un site traitant de la physique du parachutisme<sup>1</sup>, Thomas a vu que l'**on ne pouvait pas** dépasser une vitesse **limite** de ... 50 m.s<sup>-1</sup> ! Un rapide calcul lui fait donc penser qu'il suffit de 5 s de chute [ $v_{CL \text{ lim}} = 10 \times 5$ ] pour atteindre cette vitesse ! Et après, 60 puis 70 m.s<sup>-1</sup> ? Impossible ! *Mais finalement ... que penser du modèle ?* Par conséquent, selon vous, ce modèle est ...

- utilisé en dehors de son domaine de validité ;
- tout simplement *faux* ;
- opérant sur la distance de chute mais pas sur la vitesse ;
- utilisable dans un domaine de validité *limité* de l'ordre de 0 à 3 s.

### Changement de modèle

Dans le modèle de la chute libre, certains paramètres n'avaient pas été pris en compte. Thomas retourne donc sur le site *Wikipedia.org* et cherche cette fois « chute avec résistance de l'air ». Il trouve alors une page qui porte ce nom dans laquelle il est dit :

---

*« En physique, on désigne par **chute avec résistance de l'air** la modélisation du problème de la chute d'un corps, généralement sous atmosphère terrestre, dans laquelle on prend en compte l'influence du déplacement d'air sur la chute. Ce modèle est donc différent du modèle de chute libre, dans lequel seule l'attraction gravitationnelle est considérée. Lorsqu'un corps chute dans l'atmosphère, sous l'effet de la pesanteur, il est également soumis à d'autres forces, dont notamment la résistance de l'air et la poussée d'Archimède. Le modèle de la chute libre néglige ces forces, et ne considère que l'action de la pesanteur sur le corps en chute ; le modèle de la chute avec résistance de l'air s'appuie sur le modèle de la chute libre, mais le précise en prenant en considération la résistance de l'air. »*

Lisant plus loin, Thomas apprend que la résistance de l'air dépend des propriétés de l'air, de la forme de l'objet et de sa vitesse par rapport à l'air.

---

9. *Wikipédia* définit un second modèle. Quelle *réalité observable* traduit ce modèle ? [1 seule réponse]

- la chute d'un objet sur Terre ;
- le mouvement de la Lune autour de la Terre ;
- l'influence de la présence de l'air sur un mouvement ;
- la chute, sur Terre, d'un objet en contact avec l'air.

10. Comparons ce modèle que *Wikipédia* nomme *chute avec résistance de l'air* (CRA) avec le modèle de la chute libre (CL) : [plusieurs réponses possibles]

- CRA est juste alors que CL est souvent faux ;
- CRA reste opérant quand CL ne l'est plus ;
- Dans le vide, mieux vaut prendre CRA que CL ;
- On ferait mieux d'étudier directement CRA.

11. La poussée d'Archimède exercée par l'air sur l'objet [modélisation de toutes les forces de pression<sup>2</sup> exercée par un fluide (liquide ou gaz) sur un objet qui s'y baigne complètement. Pensez au ballon que vous plongez complètement dans l'eau... est-il facile de l'y maintenir ?] n'est pas prise en compte ici. Comment le comprendre ?

- la précision des calculs n'est, ici, pas importante ;
- ça va parce que c'est de l'air ;
- elle doit être négligeable devant les autres forces ;

---

<sup>1</sup> <http://waowen.screaming.net/revision/force&motion/skydiver.htm> adresse valide au 31 mars 2012.

<sup>2</sup> Les forces de pression étant elles-mêmes une modélisation des interactions entre molécules du fluide et celles de l'objet

c'est une erreur du site Wikipédia.

12. Alors comment rendre le modèle précédent *opérant* dans le cas d'un objet chutant dans un liquide ? Rédiger ci-dessous *votre* (courte) proposition :

### Temps des conclusions

13. Un modèle traduit-il la réalité ...  dans sa totalité ;  partiellement ;  pas du tout !

14. Au travers de ce que l'on vient de lire, que comprendre de ces modèles successifs ? Un nouveau modèle ... [plusieurs réponses possibles : soyez prêt(e) à les expliquer]

- vient compléter un précédent car le précédent était faux ;
- décrit plus correctement que le précédent le phénomène étudié ;
- prévoit plus précisément les évolutions du phénomène ;
- intervient quand un modèle plus simple n'est plus valide ;
- prend tout en compte une bonne fois pour toutes ;
- intervient quand un écart est décelé avec le précédent.

15. Entourer les mots-clefs (ou groupes de mots) appropriés au mot « modèle » [Vous pouvez en chercher au moins 4]

- un modèle *rend compte* de ; - un top modèle ; - un modèle *décrit* ... ; - domaine de validité d'un modèle ;
- précision possible d'un modèle ; - véracité d'un modèle ; - modèle réel ; - limites d'un modèle ;
- modèle opérant (qu'on peut utiliser dans un ensemble de situations définies) – modèle faux ;
- réalité d'un modèle.

16. Le modèle d'Einstein évoqué lors de la première séance s'appuie sur l'idée que rien ne peut se déplacer plus vite que la lumière dans le vide. Dans le monde des physiciens, que pourrait-il se passer si « en mai »... ?

Illustration 1:

[http://www.pourlascience.fr/ewb\\_pages/a/actualite-coup-de-frein-pour-les-neutrinos-supraluminiques-29151.php](http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actualite-coup-de-frein-pour-les-neutrinos-supraluminiques-29151.php)

ACTUALITÉS | 23/02/2012 | Réagir à cet article | < Précédent - Suivant >

PHYSIQUE DES PARTICULES

## Coup de frein pour les neutrinos supraluminiques

La vitesse supraluminique des neutrinos observée dans l'expérience OPERA serait une erreur de mesure due à un appareil défectueux.

Sean Bailly

En septembre 2011, les physiciens de l'expérience OPERA, au laboratoire du Gran Sasso en Italie, avaient annoncé un résultat stupéfiant : **certains neutrinos se déplaceraient à des vitesses supérieures à celle de la lumière** dans le vide. Or cette dernière est une limite maximale dans le cadre de la théorie de la relativité restreinte, un des piliers de la physique moderne. Cette annonce – bien que faite avec une grande prudence – avait donc provoqué un certain émoi dans la communauté des physiciens, et entraîné des tentatives de réfutation ou d'explications théoriques diverses.

Néanmoins, **le résultat semblait se confirmer** malgré de nombreux mois de vérifications du dispositif. Cependant, **le CERN a annoncé** jeudi 23 février 2012 qu'un simple problème d'instrumentation pourrait être à l'origine du résultat aberrant. Plus précisément, le point défectueux serait le branchement d'une fibre optique dans le système de géolocalisation GPS – crucial dans la mesure de la vitesse des neutrinos. L'avance de 60 nanosecondes dans le temps de trajet des neutrinos « supraluminiques » pourrait ainsi disparaître. De nouveaux tests prévus en mai prochain devraient apporter une réponse définitive.



CERN / OPERA

Le détecteur Opera.

### Pour en savoir plus

**Des neutrinos plus rapides que la lumière**, *Pour la Science*, 23 septembre 2011.

**Les neutrinos supraluminiques persistent**, *Pour la Science*, 18 novembre 2011.

**Communiqué de presse du CERN** (en anglais).

### L'auteur

Sean Bailly est journaliste à *Pour la Science*.

**Question Zéro (le retour)** : à l'issue de ces deux activités, évaluer sur une échelle de 1 à 5 comment vous vous sentez maintenant vis à vis de la compétence « S'approprier et/ou choisir et utiliser un modèle adapté » (1 : pas à l'aise du tout, 5 : maîtrise parfaite) :