



INSPE Académie de Limoges
Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation
Master MEEF 2nd degré
Physique et Chimie

2020/2021

Calculs d'éphémérides avec Python

Remi Metzdorff

Stage effectué du 1er septembre au 30 juin 2021
Lycée Suzanne Valadon

Stage encadré par
Olivier Noguera
MCF à l'INSPE



Ce travail est réalisé dans le cadre du mémoire d'initiation à la recherche pour le Master MEEF 2nd degré, parcours Physique et Chimie. Initialement, le sujet était : Développer les compétences et les connaissances des élèves en physique-chimie avec la programmation en classe de seconde générale et technologique. Celui-ci a évolué, notamment pour compenser le faible nombre de ressources bibliographiques existantes sur le sujet, en raison de l'arrivée récente de la programmation dans les programmes de lycée. Il a ainsi permis de valoriser un travail de programmation réalisé pendant l'année de stage, dans le cadre du thème « Mouvement et interactions » du programme de seconde.

Ce document se présente sous la forme d'un article, qui sera également soumis au bulletin de l'union des physiciens (BUP) pour une éventuelle publication. Il utilise donc la mise en forme issue de la feuille de style du BUP¹ et tient compte de la limite concernant le nombre de caractères. En effet, celui-ci ne doit pas dépasser 25000, espaces comprises. Le présent article en contient 24982.

¹ *Pour écrire un article*, <https://national.udppc.asso.fr/le-bup/5-pour-ecrire-un-article-2.html>, consulté le 6 mai 2021.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de mémoire, Monsieur Olivier Noguera, ainsi que ma tutrice INSPE, Madame Claire Maumy, et toute l'équipe des formateurs de l'INSPE, Véronique Marchand, Jérôme Fatet et Guillaume Puhl pour leurs enseignements et leurs conseils.

Je voudrais également remercier la Proviseure du Lycée Suzanne Valadon, Madame Nadège Vergnaud, pour m'avoir accueilli au lycée Suzanne Valadon, et le Proviseur Adjoint, Monsieur Nicolas Chaume.

Mes plus chaleureux remerciements vont à mon tuteur établissement, Monsieur Laurent Astier. Tu as su partager ton expérience, ta rigueur et ta bonne humeur, qui seront pour moi des références pour les années à venir. Ton encadrement tout au long de cette année m'a apporté bien plus que je n'aurai pu l'espérer, tant dans l'exercice de mon nouveau métier que sur le plan humain. Bref, on a bien bossé, mais on a aussi bien rigolé. Merci aussi à toute l'équipe du sixième étage sans qui l'ambiance en salle des profs ne serait pas si plaisante, et en particulier à Hélène et Audrey, sans oublier bien sûr Marie-Pierre. Merci Agnès, pour m'avoir accueilli dans ta classe.

Ce fût aussi un plaisir de partager cette année, si particulière à bien des égards, avec les étudiants et stagiaires du parcours physique-chimie de l'INSPE : Antoine, Tony, Hans, Salomé, Rémy et Fabien. Merci à Isabelle qui a suivi nos parcours avec un regard bienveillant.

Les douze pages du dossier MEPD ne le permettaient pas, alors merci Martin pour nos interminables discussions depuis la prépa de Montrouge, nos séances de révision trop tardives et les soirées du vendredi soir. C'est toujours un plaisir de partager des réflexions plus ou moins existentielles avec toi. Merci aussi Arnaud, pour ta disponibilité et tes conseils que j'ai encore sollicités cette année.

Merci à Éric et Sophie qui m'ont souvent encouragé depuis la Nouvelle-Calédonie.

Je terminerai par celles et ceux qui me sont le plus proche. Claire, merci pour ta patience souvent mise à rude épreuve, pour ton soutien de chaque instant et tout simplement pour ta présence à mes côtés. Enfin, merci à mon frère et à mes parents, présents depuis toutes ces années, pour leurs encouragements et leur soutien indéfectible, et pour tous ces moments passés en famille qui sont toujours d'un grand réconfort.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

Introduction	8
1. Titre de niveau 1	9
1.1. Titre de niveau 2.....	9
1.1.1. Titre de niveau 3.....	9
1.1.2. Titre de niveau 3.....	9
1.2. Titre de niveau 2.....	10
2. Titre de niveau 1	11
2.1. Titre de niveau 2.....	11
2.1. Titre de niveau 2.....	11
Conclusion	12
Références bibliographiques	13
Annexes	15

Table des illustrations

Figure 1 : Présidence de l'Université de Limoges.....	8
---	---

Table des tableaux

Tableau 1 : [légende de tableau]	11
--	----

Introduction

Ceci est l'introduction de votre mémoire. Elle ouvre et présente votre travail, aussi apportez-y un soin tout particulier. Souvenez-vous de l'adage de l'écrivain et journaliste Henri Jeanson :

« La première impression est toujours la bonne, surtout quand elle est mauvaise. »

Les paragraphes de texte ordinaire de votre mémoire sont normalement stylés automatiquement en « **Texte_Unilim** ». Si ce n'est pas le cas, il est très facile de réappliquer ce style : placez votre curseur dans le paragraphe concerné, puis allez à l'onglet « **Modèle Unilim** » et cliquez sur le bouton « **Paragraphe simple** ».

Voici un exemple d'intégration d'une **image** dans votre texte. Pour insérer une **légende** sous l'image, cliquez sur l'image et utilisez le bouton « **Insérer une légende** » situé à l'onglet « **Modèle Unilim** ». Mettez ensuite à jour la **table des illustrations** pour voir votre légende automatiquement répertoriée.



Figure 1 : Présidence de l'Université de Limoges

Source : Université de Limoges, Service communication

NB : les légendes d'images se positionnent sous l'image (contrairement à celles des tableaux, voir plus loin).

1. Titre de niveau 1

Voici le début de votre développement. Votre document est composé de grandes parties (dont le titre est stylé en « **Titre 1** »), de sous-parties (« **Titre 2** »), sous-sous-parties (« **Titre 3** »), etc. Il vous suffit d'appliquer le bon style à chacun de vos titres pour que votre document soit bien structuré, et pour que votre table des matières fonctionne automatiquement.

Quant au texte standard de votre mémoire, il apparaît en Arial² 11 justifié, avec un interligne fixé à 1,5. Vous n'avez donc aucune modification de mise en forme à effectuer, il vous suffit de vous concentrer sur votre contenu et d'appliquer le bon style à tout ce qui n'est pas du texte ordinaire (titres, citations et listes par exemple).

1.1. Titre de niveau 2

Ici commence une **sous-partie** (donc « **Titre 2** » est le style à appliquer au titre ci-dessus). Vous pouvez faire apparaître vos titres dans un volet à gauche de votre document en cochant la case « **Volet de navigation** » (onglet « **Modèle Unilim** »). Cela vous permettra d'avoir votre plan sous les yeux en permanence, et de vous déplacer dans votre mémoire en cliquant sur les titres. Vous pouvez également déplacer des parties en faisant glisser les titres dans ce volet de navigation.

Voici un exemple de **liste à puces** (**Modèle Unilim > Corps du mémoire > Listes**) :

- Liste à puces de niveau 1
 - Liste à puces de niveau 2
 - Liste à puces de niveau 2
- Liste à puces de niveau 1

1.1.1. Titre de niveau 3

Voici le texte d'une sous-sous-partie, donc le titre ci-dessus est stylé en « **Titre 3** ».

1.1.2. Titre de niveau 3

Voici maintenant un exemple de paragraphe au style particulier, la **citation** :

*« Ceci est un exemple de citation extraite d'un document externe comme un article ou un livre. Sur ce type de paragraphe, vous devez utiliser le style "**Citation détachée**" (**Modèle Unilim > Corps du Mémoire > Citations > Citation détachée**). N'oubliez pas*

² L'Arial est l'une des polices officielles de l'Université, elle est aussi utilisée parce qu'elle est facile à lire sur un écran d'ordinateur.

de référencer votre citation, soit en note, soit avec un système Auteur-Date (APA ou autre), soit avec un système numérique (Vancouver ou autre). »

Consultez cette page pour savoir comment utiliser les différents systèmes de référencement bibliographique : <https://www.unilim.fr/scd/formation/rediger-vos-travaux/>

Vous pouvez également référencer des parties de votre texte sans qu'il s'agisse d'extraits entre guillemets. Dès que vous manipulez un concept ou une notion qui vient d'un auteur particulier, notez la référence.

Vous pouvez insérer automatiquement vos références bibliographiques en utilisant le logiciel libre *Zotero*. Une formation à ce logiciel par la BU est prévue dans votre cursus.

1.2. Titre de niveau 2

Deuxième sous-partie (titre en « **Titre 2** »).

2. Titre de niveau 1

Nous sommes maintenant dans la **2^e partie** de votre mémoire, le titre ci-dessus est donc stylé en « **Titre 1** », comme celui de la 1^e partie.

Voici un exemple de texte en **liste numérotée** (*Modèle Unilim > Corps du mémoire > Listes*) :

1. Liste numérotée de niveau 1
 - a. Liste numérotée de niveau 2
 - b. Liste numérotée de niveau 2
2. Liste numérotée de niveau 1

Et voici à nouveau un **paragraphe simple**.

2.1. Titre de niveau 2

Début de la 1^e sous-partie.

Voici maintenant un exemple de **tableau**. Pour associer une **légende** à ce tableau, cliquez à l'intérieur, puis cliquez sur « **Insérer une légende** » sous l'onglet « **Modèle Unilim** ». Si ça ne se fait pas automatiquement, précisez dans le menu déroulant qu'il s'agit d'un tableau. Les légendes de tableau apparaissent au-dessus du tableau. Mettez ensuite à jour la **table des tableaux** pour voir votre légende répertoriée.

Tableau 1 : [légende de tableau]

2.1. Titre de niveau 2

Texte de la 2^e sous-partie.

Conclusion

Si vous êtes arrivé.e ici indemne, c'est que votre mémoire est bientôt terminé, félicitations !
N'oubliez pas d'insérer votre bibliographie automatiquement avec *Zotero* dans la partie suivante.

Références bibliographiques

Vos références bibliographiques peuvent prendre différentes formes selon le système de référencement appliqué. Voici quelques exemples, **référez-vous à votre encadrant.e pour savoir quel système convient le mieux à votre discipline.**

Tutoriel Notes de bas de page :

<https://www.unilim.fr/scd/formation/rediger-vos-travaux/bibliographie-gestion-par-notes-de-bas-de-page/>

Tutoriel APA :

<https://www.unilim.fr/scd/formation/rediger-vos-travaux/bibliographie-style-apa/>

Tutoriel Vancouver :

<https://www.unilim.fr/scd/formation/rediger-vos-travaux/bibliographie-style-vancouver/>

Références en notes de bas de page, bibliographie alphabétique (style Zotero EHESS) :

Corpus

DECLERCK Patrick, *Socrate dans la nuit*, Paris, Gallimard (coll. « Folio »), 2009, 305 p.

FARGE Arlette, « Écriture historique, écriture cinématographique » dans Antoine de Baecque et Christian Delage (eds.), *De l'histoire au cinéma*, Paris, Complexe (coll. « Historiques »), 2009, p. 111-126.

Critique

KATZ David, *Juge administratif et droit de la concurrence*, Thèse de doctorat, Droit, Université Bordeaux 4, Bordeaux, 2003, 540 p.

LACABARATS Alain, *L'avenir des juridictions du travail : Vers un tribunal prud'homal du XXI^{ème} siècle*, Rapport à Madame la Garde des Sceaux, Ministre de la Justice, Paris, Cour de cassation, 2014

SCHMITT Olivier, « La commande publique et le développement durable », *La gazette du palais*, 2005, n° 168, p. 4-19.

VIBERT Olivier, *Le préjudice moral des sociétés commerciales*, <https://www.village-justice.com/articles/prejudice-moral-societes-commerciales,12864.html> , 2012, consulté le 11 octobre 2019.

Références en système Auteur-Date, bibliographie alphabétique (style Zotero APA) :

Declerck, P. (2009). *Socrate dans la nuit*. Paris: Gallimard.

Farge, A. (2009). Écriture historique, écriture cinématographique. In A. de Baecque & C. Delage (Éd.), *De l'histoire au cinéma* (p. 111-126). Paris: Complexe.

- Katz, D. (2003). *Juge administratif et droit de la concurrence* (Thèse de doctorat, Droit). Université Bordeaux 4, Bordeaux.
- Lacabarats, A. (2014). *L'avenir des juridictions du travail : Vers un tribunal prud'homal du XXIème siècle*. [Rapport à Madame la Garde des Sceaux, Ministre de la Justice]. Paris: Cour de cassation.
- Schmitt, O. (2005). La commande publique et le développement durable. *La gazette du palais*, (168), 4-19.
- Vibert, O. (2012). Le préjudice moral des sociétés commerciales. Consulté 11 octobre 2019, à l'adresse Le village de la justice website: <https://www.village-justice.com/articles/prejudice-moral-societes-commerciales,12864.html>

Références en système Vancouver, bibliographie numérotée (style Zotero Vancouver) :

1. Declerck P. Socrate dans la nuit. Paris: Gallimard; 2009. 305 p. (Folio).
2. Katz D. Juge administratif et droit de la concurrence [Thèse de doctorat, Droit]. [Bordeaux]: Université Bordeaux 4; 2003.
3. Lacabarats A. L'avenir des juridictions du travail : Vers un tribunal prud'homal du XXIème siècle, Rapport à Madame la Garde des Sceaux, Ministre de la Justice. Paris: Cour de cassation; 2014.
4. Farge A. Écriture historique, écriture cinématographique. In: Baecque A de, Delage C, éditeurs. De l'histoire au cinéma. Paris: Complexe; 2009. p. 111-26. (Historiques).
5. Vibert O. Le préjudice moral des sociétés commerciales [Internet]. Le village de la justice. 2012 [cité 11 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.village-justice.com/articles/prejudice-moral-societes-commerciales,12864.html>
6. Schmitt O. La commande publique et le développement durable. *Gaz Palais*. 2005;(168):4-19.

Annexes

Annexe 1. Titre de niveau 2	16
Annexe 1.1. Titre de niveau 3.....	16
Annexe 2. Titre de niveau 2	17

Annexe 1. Titre de niveau 2

Les styles à appliquer à vos titres d'annexes se trouvent ici : ***Modèle Unilim > Bibliographie et annexes.***

Annexe 1.1. Titre de niveau 3

Comme le reste de votre mémoire, les annexes peuvent comporter des sous-annexes.

Annexe 2. Titre de niveau 2

Voici le texte votre Annexe 2.

Attention, ne supprimez pas le saut de section suivant (pied de page différent)

Calculs d'éphémérides avec Python

Lors de la réforme du lycée en 2019, la programmation a fait son entrée dans les nouveaux programmes. C'est le langage Python qui est recommandé en raison notamment de sa syntaxe épurée. Cet article présente un module Python permettant de calculer la position de nombreux objets du système solaire et son utilisation dans le cadre des nouveaux programmes de lycée, où la programmation est devenue incontournable. La première partie présente le cadre théorique dans lequel sont réalisés les calculs de position. La deuxième décrit sommairement le fonctionnement général du module. Enfin, plusieurs applications directement exploitables en classe par l'enseignant et les élèves sont présentées, notamment dans le cadre du thème mouvement et interaction des programmes de lycée. Le module, des tutoriels ainsi que de nombreuses autres ressources sont disponibles en ligne sur le site de partage GitHub.

Mots-clés : Python, programmation, lycée, mécanique, éphémérides, celestialbody.

Ephemeris computation with Python

Back in 2019, programming appeared in high school syllabuses thanks to the reform. It is recommended to use Python because of its simple syntax and high efficiency. This article describes a Python module, conveniently named `celestialbody`, designed to compute the position of various solar system objects. Its use is developed now that programming is essential in high school syllabuses. Celestial bodies positions are computed in the theoretical framework of the two-body problem. A first part describes the algorithm implemented in the module to perform this computation. A brief guide then explains how to use the module. Finally, a few examples show the potential of this module in class, for pupils and teachers, mainly oriented toward the motion and interaction theme. The module, tutorials and many other resources are available online on GitHub.

Keywords : Python, programming, high school, mechanics, ephemeris, `celestialbody`.

