

# Codes Python

Gauthier Legrand & Francis Pagaud

24 octobre 2020

## Table des matières

<b>I</b>	<b>Physique</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Mécanique</b>	<b>3</b>
1.1	Trajectoire d'un problème à deux corps . . . . .	3
1.2	Pendule de Foucault . . . . .	3
1.3	Oscillateur harmonique relativiste . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Mécanique des fluides</b>	<b>4</b>
2.1	Diffusion de $\vec{p}$ via une plaque oscillante . . . . .	4
2.2	Instabilité de Rayleigh-Plateau . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Thermodynamique physique</b>	<b>5</b>
3.1	Diagramme de Raveau . . . . .	5
3.2	Transition ferro-para à la Landau . . . . .	5
3.3	Atmosphère isotherme . . . . .	7
3.4	Rayonnement de Planck, loi de Wien . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Électromagnétisme</b>	<b>9</b>
4.1	Point de fonctionnement de la MCC . . . . .	9
4.2	Atténuation dans un diélectrique . . . . .	9
4.3	Interface diélectrique et angle de Brewster . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Ondes</b>	<b>10</b>
5.1	Animation de l'onde stationnaire . . . . .	10
5.2	Dispersion et étalement . . . . .	10
5.3	Dispersion d'une onde guidée . . . . .	12

<b>6</b>	<b>Optique</b>	<b>12</b>
6.1	Critère de Rayleigh, apodisation . . . . .	12
6.2	Illustration du principe de Fermat . . . . .	12
6.3	Interféromètre de Fabry-Pérot . . . . .	14
6.4	Diffraction à travers une fente . . . . .	14
6.5	Dynamique du laser à 3 niveaux . . . . .	16
6.6	Ratio émission stimulée/spontanée . . . . .	16
<b>7</b>	<b>Mécanique quantique</b>	<b>17</b>
7.1	Vallée de stabilité . . . . .	17
7.2	Oscillations de Rabi . . . . .	17
7.3	Puits de potentiel fini . . . . .	19
<b>8</b>	<b>Autres</b>	<b>19</b>
8.1	Portrait de phase d'un système dynamique . . . . .	19
<b>II</b>	<b>Chimie</b>	<b>21</b>
<b>1</b>	<b>Chimie expérimentale</b>	<b>21</b>
1.1	Extraction liquide-liquide . . . . .	21
<b>2</b>	<b>Chimie des solutions</b>	<b>21</b>
2.1	Diagramme de majorité . . . . .	21
2.2	Effet d'ion commun . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Thermochimie</b>	<b>22</b>
3.1	État d'équilibre chimique . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Cinétique</b>	<b>24</b>
4.1	Analyse cinétique par méthode intégrale . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Électrochimie</b>	<b>24</b>
5.1	Courbe i-E, surtensions et paliers de diffusion . . . . .	24
5.2	Corrosion du fer par l'eau . . . . .	25
<b>III</b>	<b>Autres liens utiles</b>	<b>26</b>

## Première partie

# Physique

## 1 Mécanique

### 1.1 Trajectoire d'un problème à deux corps

Nom du fichier : gravitation.py

Mots-clés : Interaction à deux corps, gravitation, conique

**Explication** : Ce script représente l'énergie potentielle effective pour une interaction à deux corps ainsi que la trajectoire de l'astre mobile. L'excentricité peut varier à l'aide d'un slider, la limite de diffusion est en évidence.

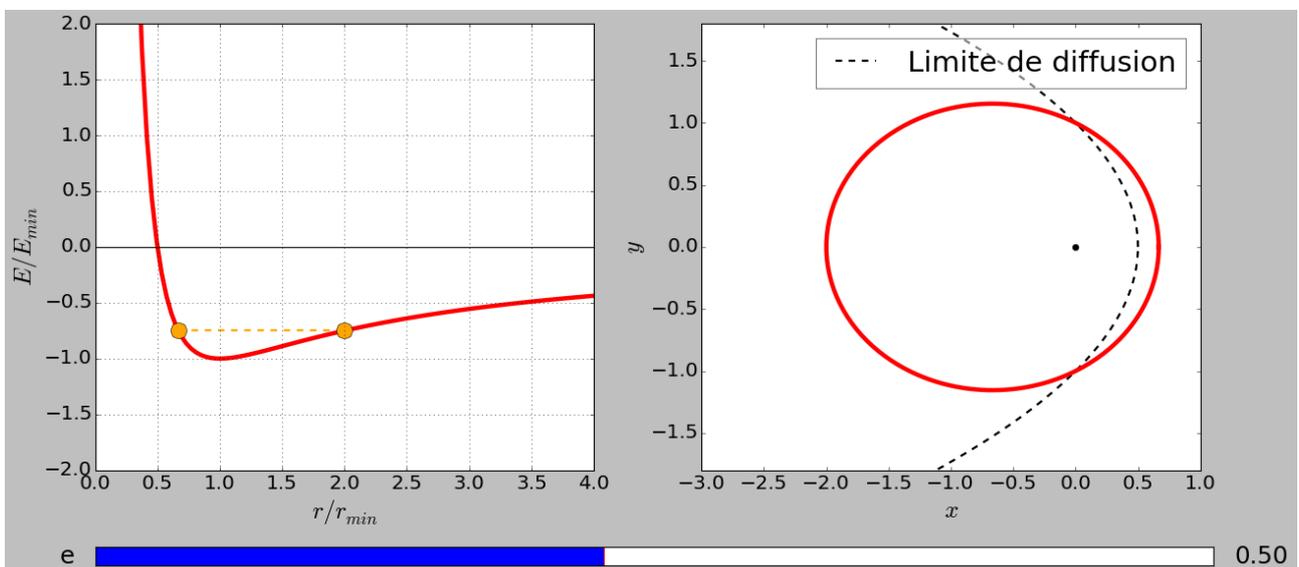


FIGURE 1 – Energie potentielle effective et coniques

### 1.2 Pendule de Foucault

Nom du fichier : foucault.py

Mots-clés : Pendule, Coriolis, Foucault

**Explication** : Animation représentant la trajectoire du pendule de Foucault vu du dessus.

Les conditions sont les mêmes que pour l'expérience historique de Foucault.

### 1.3 Oscillateur harmonique relativiste

Nom du fichier : oscillateur\_harmonique.py

**Mots-clés :** Relativité

**Explication :** Résolution de l'oscillateur harmonique relativiste. Permet de tracer le portrait de phase, voir l'élargissement spectral ou bien récupérer les distances et vitesses au cours du temps.

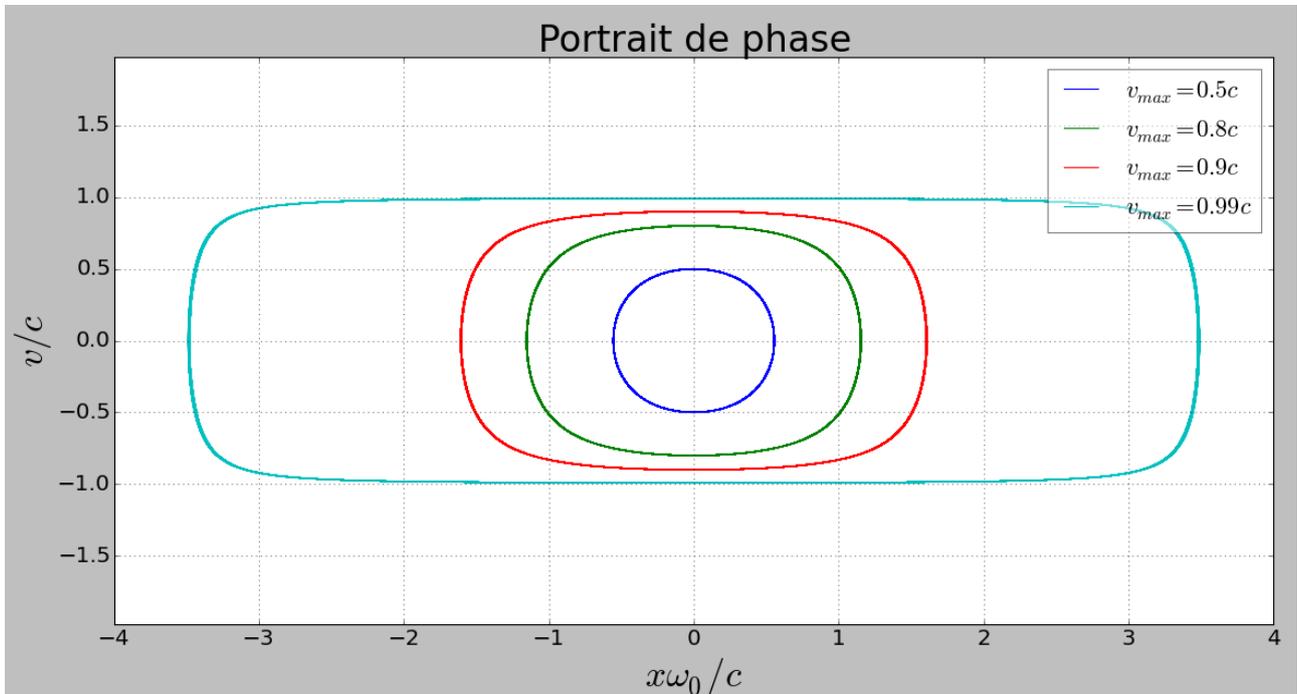


FIGURE 2 – Portrait de phase de l'oscillateur harmonique relativiste

## 2 Mécanique des fluides

### 2.1 Diffusion de $\vec{p}$ via une plaque oscillante

**Nom du fichier :** plan\_oscillant.py

**Mots-clés :** Viscosité, diffusion

**Explication :** Animation représentant la vitesse dans une couche de fluide proche d'une plaque oscillante. Observation de la diffusion de mouvement.

Le premier plot fait varier  $t$  via un slider, le second via une animation (plus sympa mais marche pas toujours).

*Piste d'amélioration :* pour parler de viscosité, il serait bon de fixer  $\omega$  et de changer la viscosité.

### 2.2 Instabilité de Rayleigh-Plateau

**Nom du fichier :** rayleigh\_plateau.py

**Mots-clés :** Capillarité, instabilité, tension de surface, interface

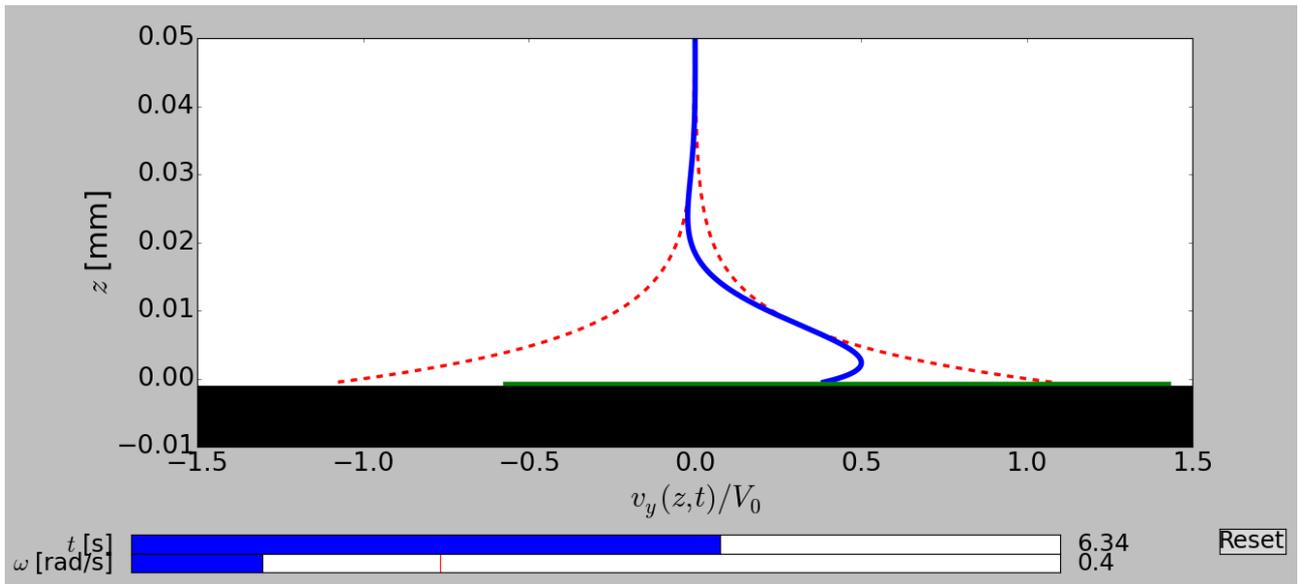


FIGURE 3 – Déplacement du fluide à proximité d’une paroi oscillante. *Attention la légende en bas est fautive, c’est pas la vitesse mais le déplacement du fluide.*

**Explication :** But : Faire un graphe évolutif de l’instabilité de Rayleigh-Plateau 2D, où la surpression de Laplace est affichée en niveaux de couleurs.

En fonction de la longueur d’onde de la perturbation, la surpression est dans les renflements ou les creux, expliquant qualitativement le déplacement du fluide qui amplifie ou atténue l’instabilité. Voir GHP ou Charnu pour des détails de calcul.

### 3 Thermodynamique physique

#### 3.1 Diagramme de Raveau

**Nom du fichier :** raveau.py

**Mots-clés :** Machine thermique, moteur, pompe à chaleur, réfrigérateur

**Explication :** Représentation interactive d’un diagramme de Raveau. Cela permet de comprendre la nature de la machine thermique en ayant accès rapidement au travail et aux chaleurs produites.

Le principe est expliqué dans le Pérez de thermo ou [via ce lien](#).

#### 3.2 Transition ferro-para à la Landau

**Nom du fichier :** landau\_ferro.py

**Mots-clés :** transition de phase, paramagnétisme, ferromagnétisme, Landau

**Explication :** La température du système peut être changée de sorte à observer une aimantation spontanée du matériau.

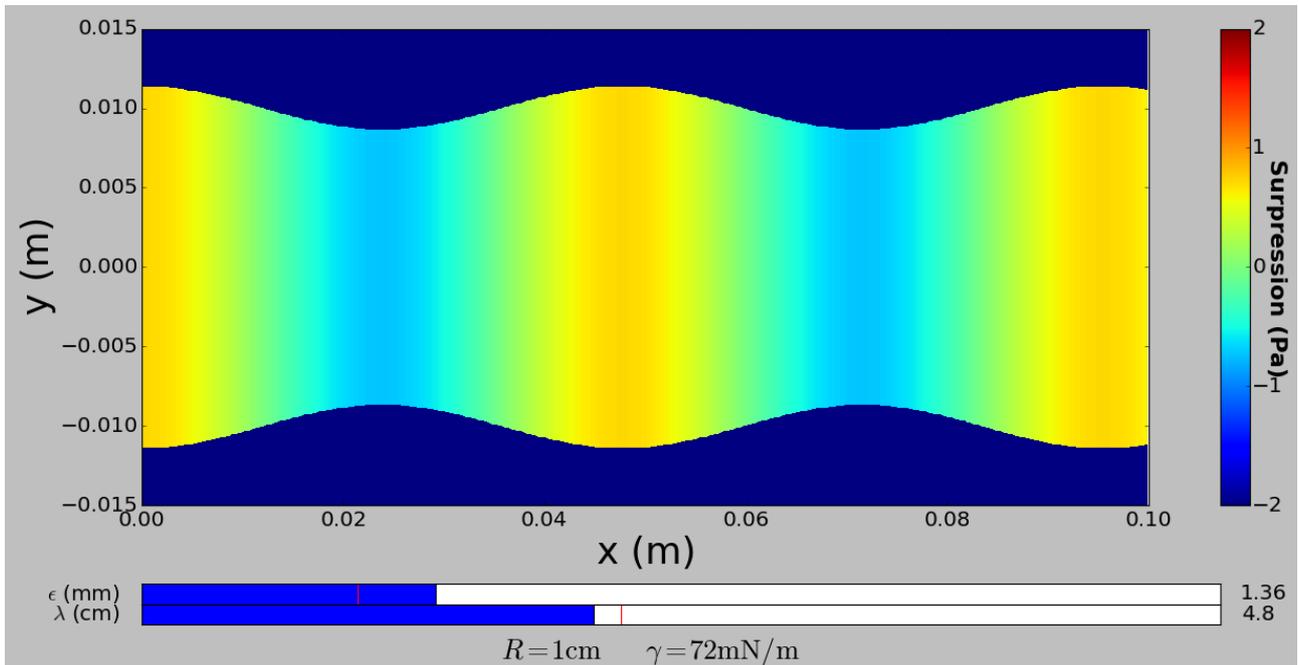


FIGURE 4 – Coupe du jet perturbé et de la surpression associée à la courbure locale.

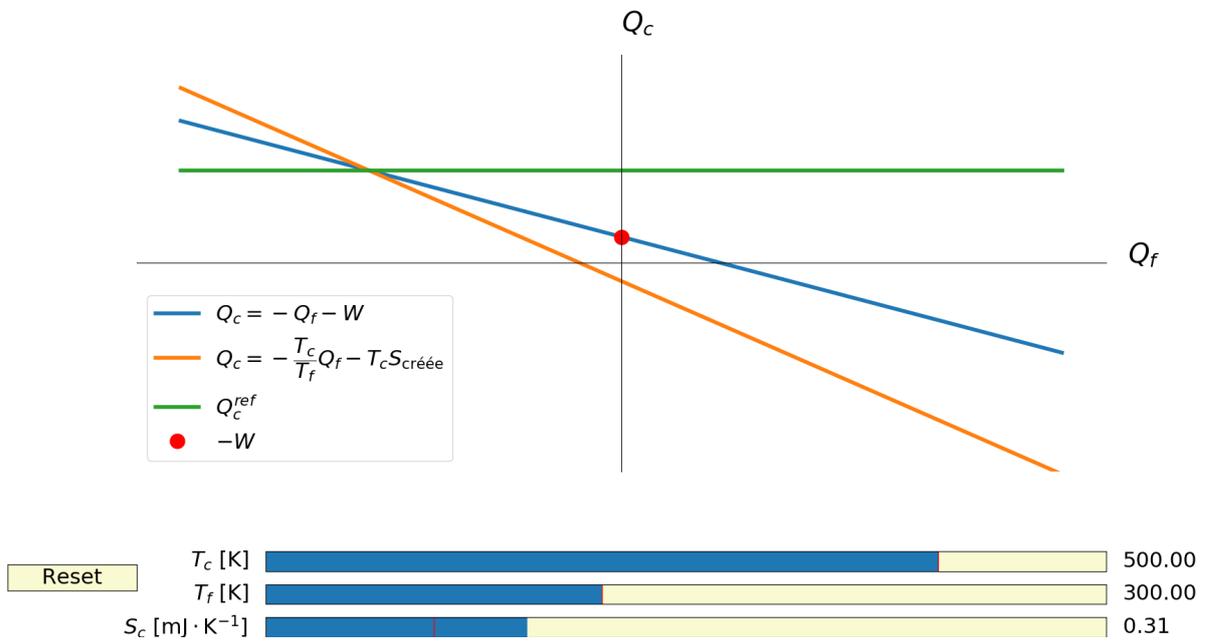


FIGURE 5 – Diagramme de Raveau, très utile pour présenter les machines thermiques.

Un autre slider joue sur le champ magnétique extérieur, qui permet de choisir préférentiellement une solution sur l'autre.

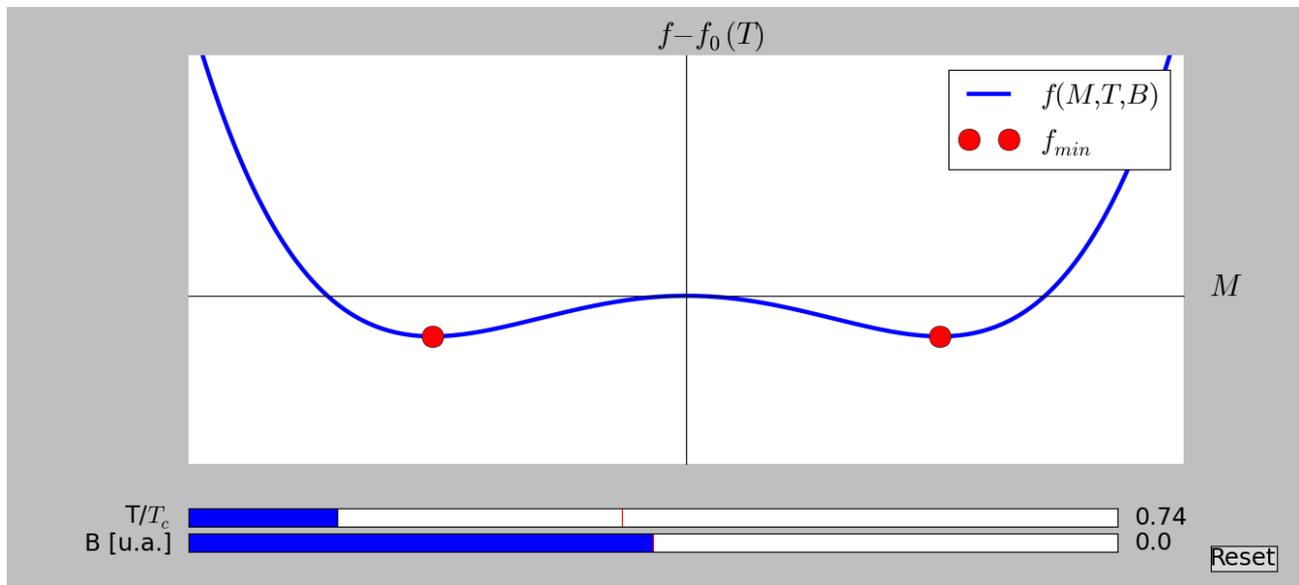


FIGURE 6 – Résolution de la transition ferro-para via le modèle de Landau.

### 3.3 Atmosphère isotherme

**Nom du fichier :** atm\_isotherme.py

**Mots-clés :** Facteur de Boltzmann, gaz parfait

**Explication :** Profil de pression dans le modèle de l'atmosphère isotherme. Le trait en pointillés rouge représente l'ordonnée à l'origine et permet d'avoir accès à un ordre de grandeur de la hauteur  $H$ .

L'utilisateur peut jouer sur la température de l'atmosphère.

### 3.4 Rayonnement de Planck, loi de Wien

**Nom du fichier :** Planck\_wien.py

**Mots-clés :** Planck, Wien, couleur perçue

**Explication :** Ce script affiche la courbe de la loi d'émission du corps noir de Planck, avec un slider pour pouvoir changer la température. Il affiche également la couleur associée à l'émission, avec un algorithme basé sur des lois empiriques convertissant la température en données RGB. Remarque : uniquement la couleur de l'émission est représentée, par son intensité, comme elle varie en  $T^4$  il est difficile d'afficher de telles variations sur un écran.

Température en RGB. Les lois de conversion proviennent d'un ajustement numérique que l'on pourra trouver à l'url <http://www.tannerhelland.com/4435/convert-temperature-rgb-algorithm-code/> (url active le 16 février 2017)

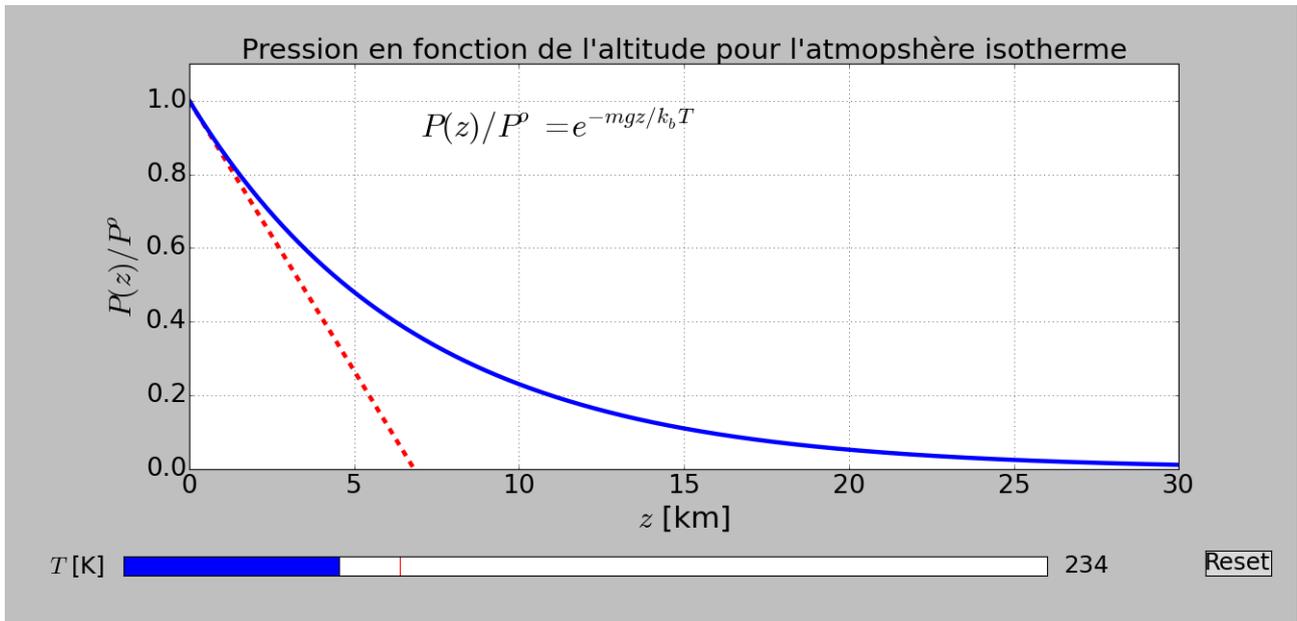


FIGURE 7 – Profil de pression dans le modèle de l'atmosphère isotherme.

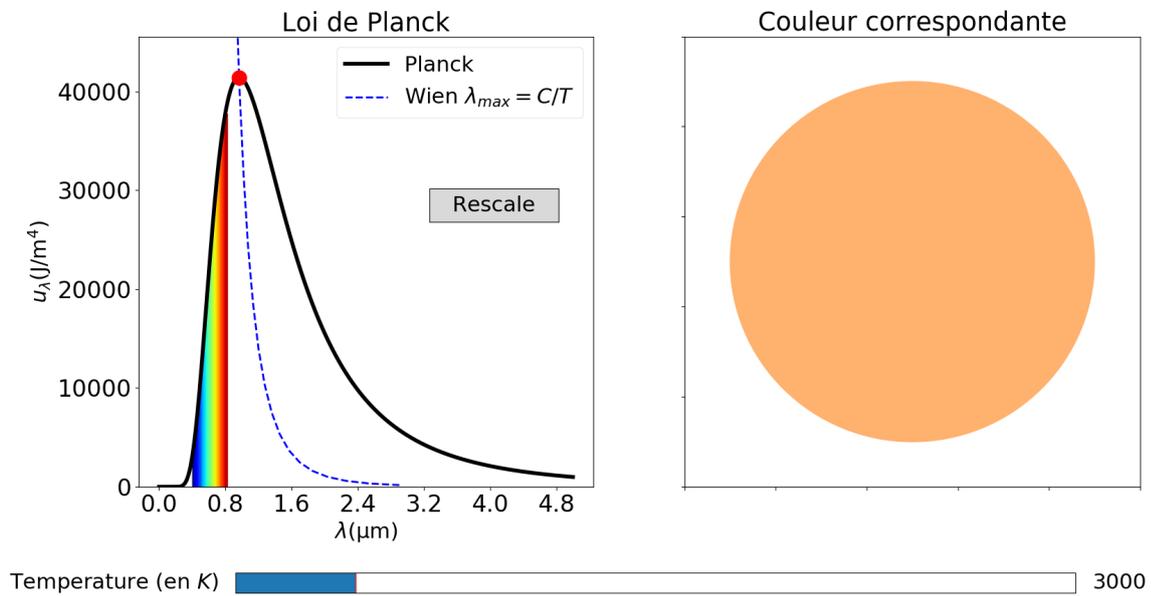


FIGURE 8 – Rayonnement de Planck et loi de Wien

## 4 Électromagnétisme

### 4.1 Point de fonctionnement de la MCC

Nom du fichier : mcc.py

Mots-clés : Electrotechnique, couple résistif, induction

Explication : Détermination graphique du point de fonctionnement de la machine à courant continu.

Le couple résistif est choisi comme quadratique, comme dans le Hprépa "Electronique II, PSI-PSI\*" p. 90.

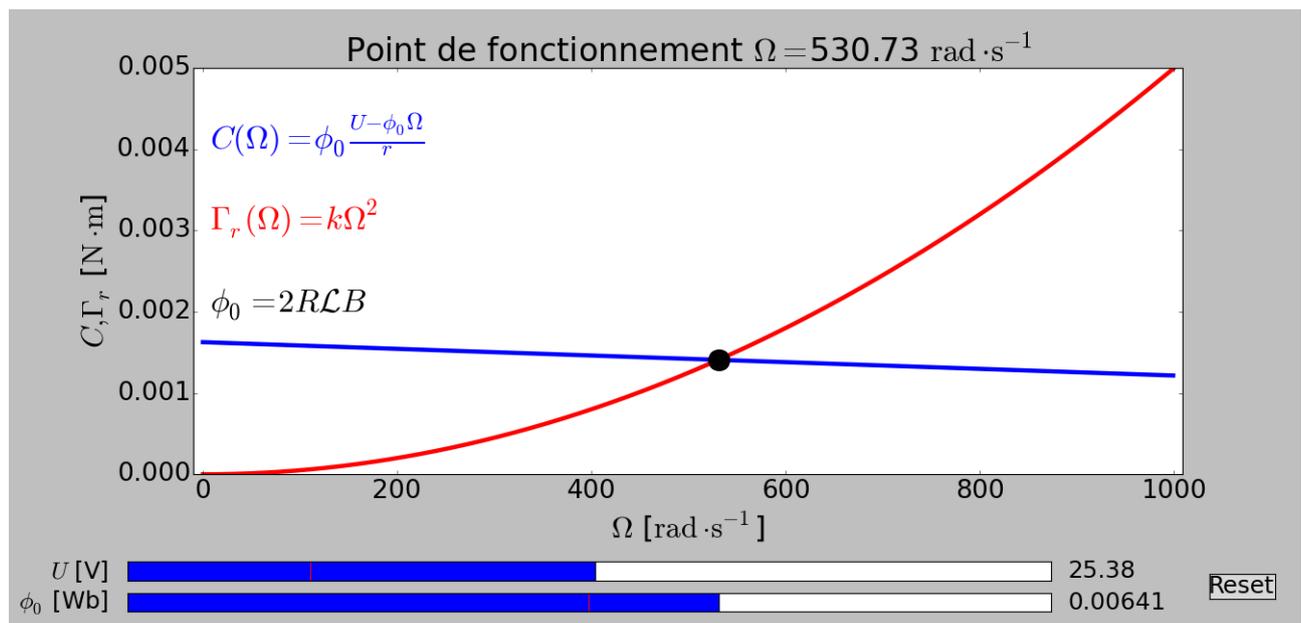


FIGURE 9 – Point de fonctionnement de la MCC.

### 4.2 Atténuation dans un diélectrique

Nom du fichier : Onde attenuee.py

Mots-clés : Vecteur d'onde complexe, indice optique, absorption

Explication : Illustration de l'influence des parties réelle et imaginaire de l'indice optique sur une onde EM incidente.

### 4.3 Interface diélectrique et angle de Brewster

Nom du fichier : brewster.py

Mots-clés : Réflexion, transmission, coefficients de Fresnel

Explication : L'angle d'incidence d'un rayon à l'interface d'un diélectrique peut être modifié. Cela change le coefficient de réflexion et de transmission.

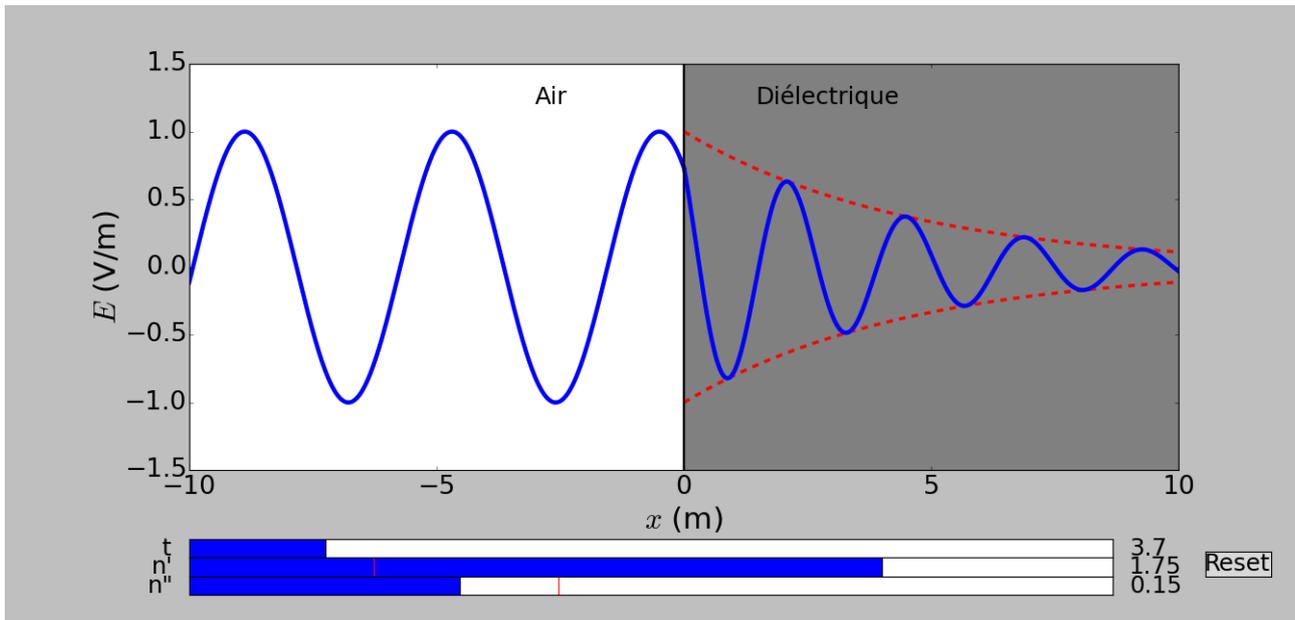


FIGURE 10 – Atténuation dans le diélectrique.

Le coefficient énergétique  $R$  est représenté à droite. La transparence des rayons lumineux s'ajustent de sorte à refléter l'amplitude du champ  $E$  transmis et réfléchi.

## 5 Ondes

### 5.1 Animation de l'onde stationnaire

**Nom du fichier :** anim\_somme.py

**Mots-clés :** OPPH

**Explication :** Deux OPPH se propagent en sens inverse et se somment. Le code montre que la somme des deux est une onde stationnaire.

**Début du code :**

### 5.2 Dispersion et étalement

**Nom du fichier :** gliss\_phase\_et\_etalement.py

**Mots-clés :** paquet d'ondes, vitesse de groupe, vitesse de phase

**Explication :** Glissement de phase et étalement d'un paquet d'onde gaussien. Le temps varie à l'aide d'un slider. La phase et l'enveloppe peuvent être suivies à l'oeil nu grâce aux deux points bleu et rouge.

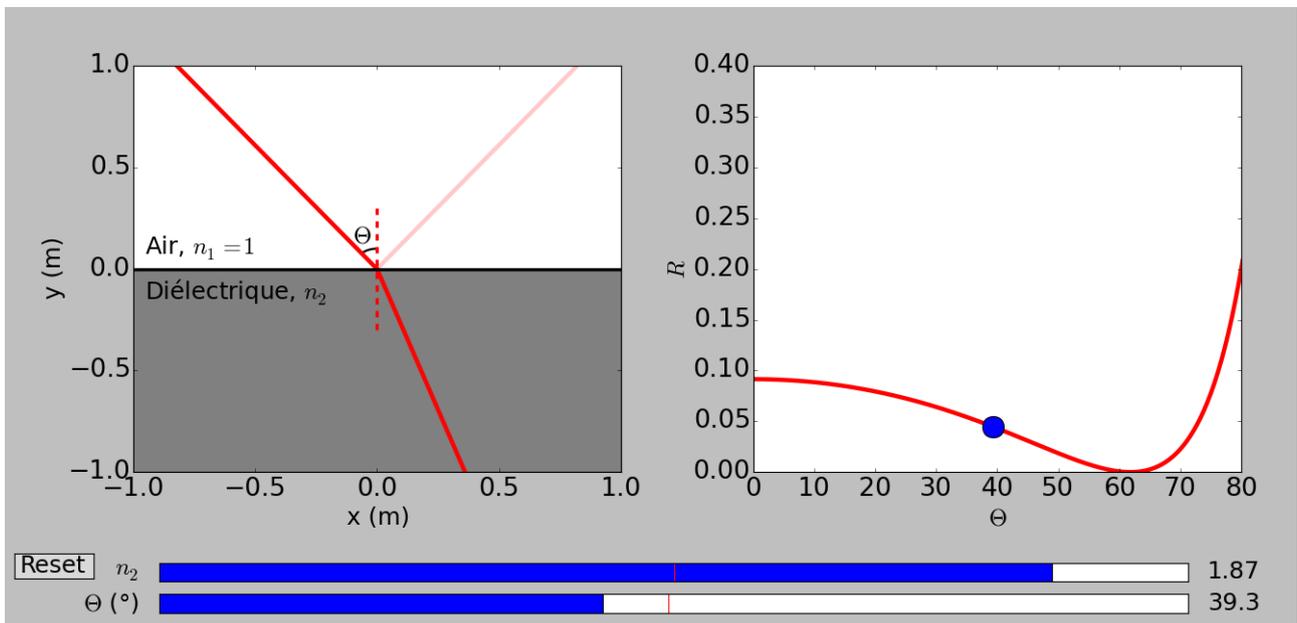


FIGURE 11 – Réflexion et transmission d'une onde à l'interface d'un diélectrique.

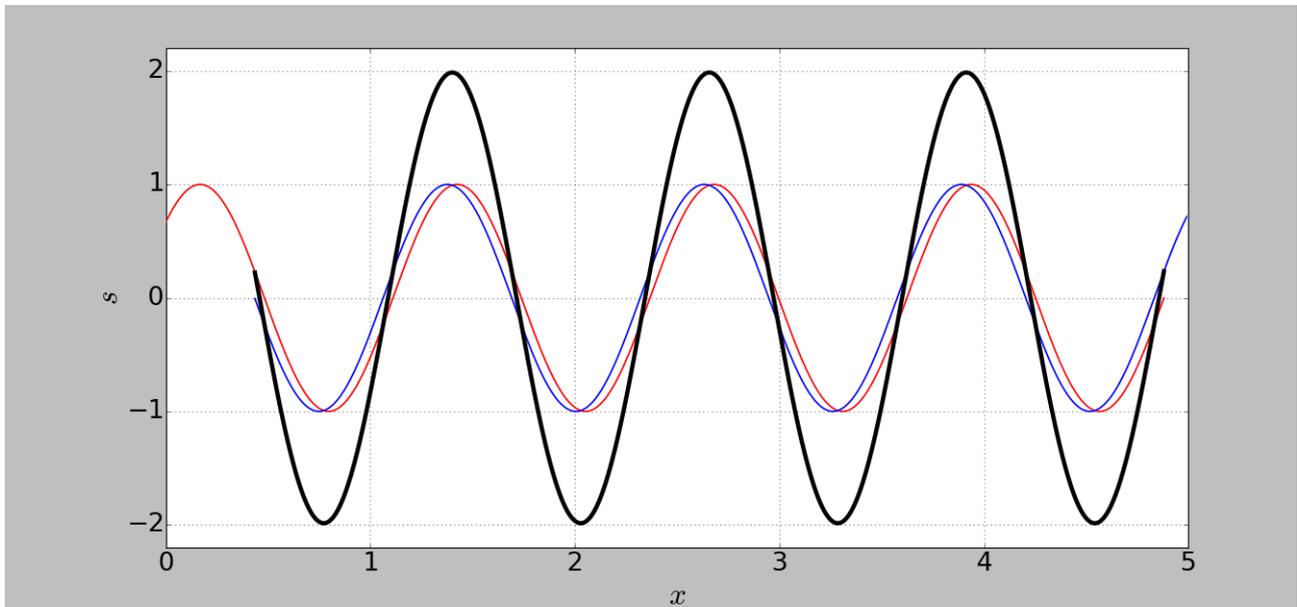


FIGURE 12 – Les deux OPPH (rouge et bleu) se propagent en sens inverse et se somment progressivement pour former l'onde noire, le tout dans une animation.

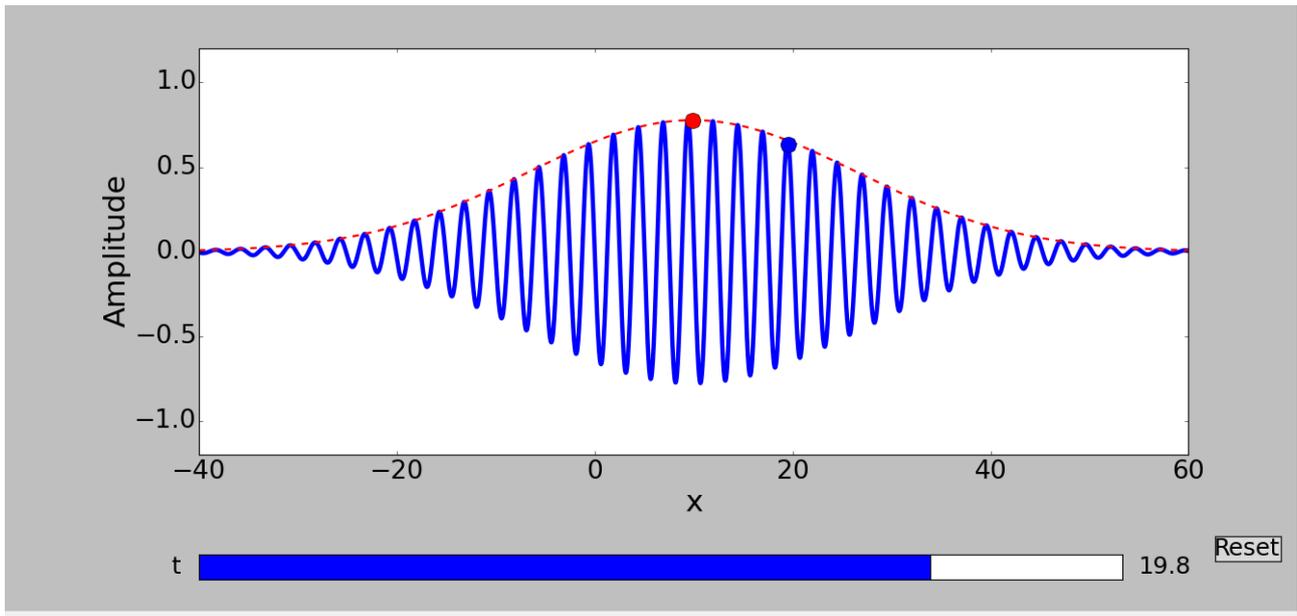


FIGURE 13 – Etalement du paquet d'ondes.

### 5.3 Dispersion d'une onde guidée

**Nom du fichier :** dispersion\_guide\_onde.py

**Mots-clés :** dispersion, pulsation de coupure, modes TE

**Explication :** Relation de dispersion et vitesse de groupe d'une onde TE dans un guide plan-plan espacé d'une longueur  $a$  pour quelques modes.

## 6 Optique

### 6.1 Critère de Rayleigh, apodisation

**Nom du fichier :** microscope.py

**Mots-clés :** Diffraction, apodisation, Rayleigh, microscopie

**Explication :** Illustration du critère de Rayleigh. Possibilité de changer l'écart entre les deux taches et de sélectionner un profil de transparence apodisé par une fonction triangle (taille de l'ouverture constante par rapport à l'absence d'apodisation, d'où l'élargissement des taches).

Sur l'intérêt de l'apodisation, se référer à Taillet, "Optique physique".

### 6.2 Illustration du principe de Fermat

**Nom du fichier :** fermat.py

**Mots-clés :** chemin optique, stationnaire

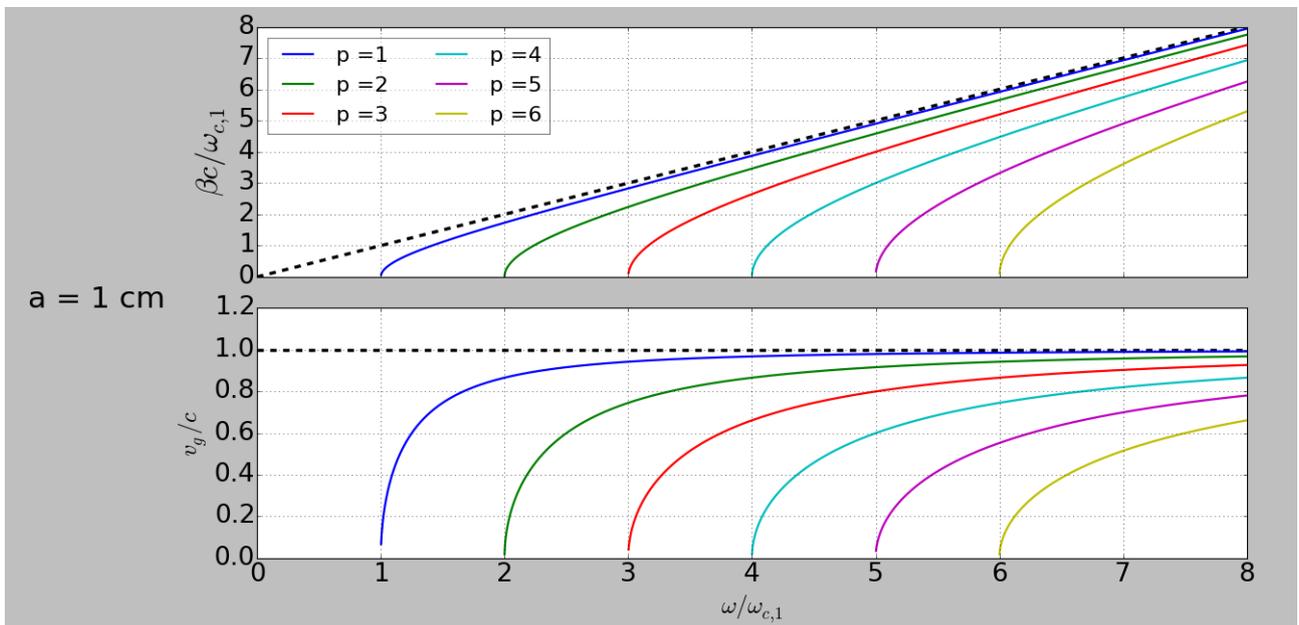


FIGURE 14 – Relation de dispersion et vitesse de groupe d'une onde guidée.

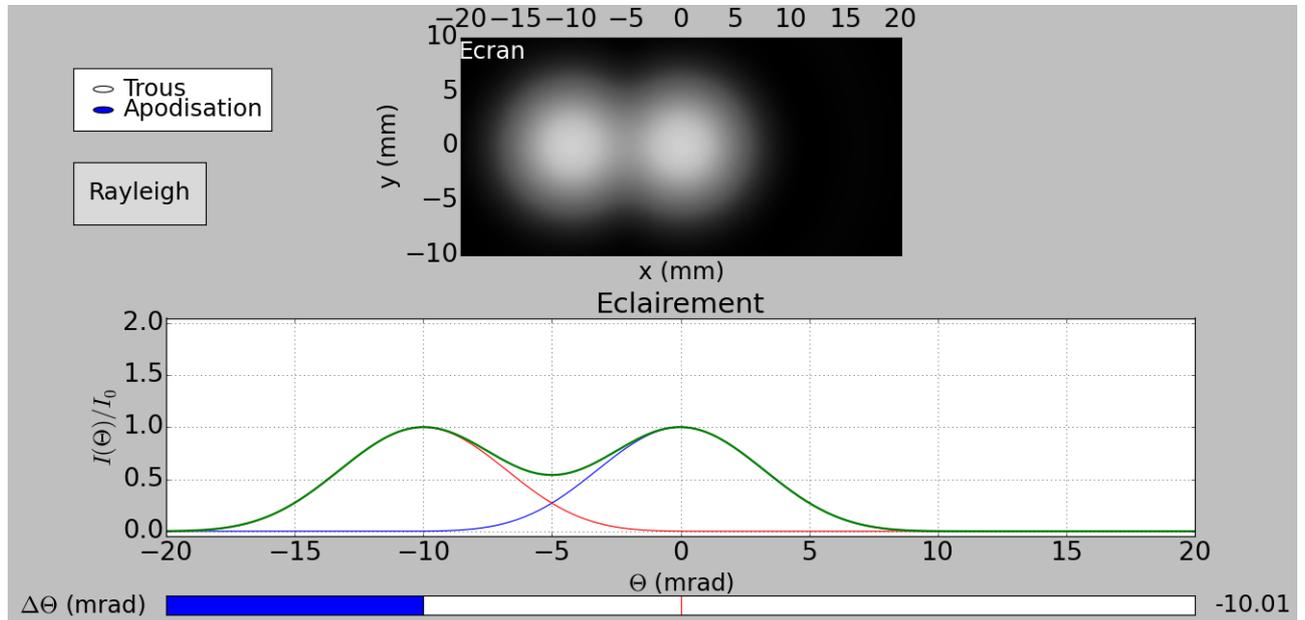


FIGURE 15 – Profil d'intensité pour deux trous apodisés. Le bouton "Rayleigh" place l'écart entre les deux taches au critère de Rayleigh.

**Explication :** Code interactif illustrant le principe de Fermat. Les points A et B sont fixés, et le chemin optique après réflexion sur une surface est évalué. Le tracé est représenté à gauche, le chemin optique en fonction de la position du point de réflexion à droite. La position du point de réflexion varie avec le slider.

La surface de réflexion peut varier à l'aide d'une commande. Elle est soit elliptique, soit plane. On observe qualitativement que les lois de la réflexion sont respectées lorsque le chemin optique est stationnaire.

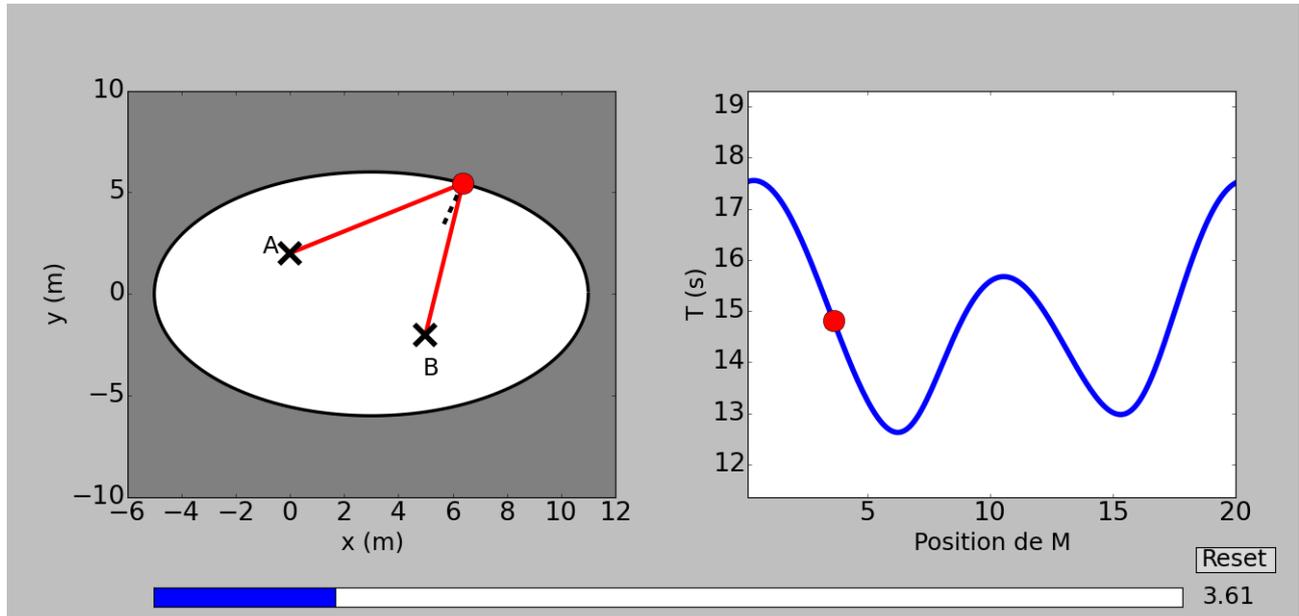


FIGURE 16 – La surface choisie ici est elliptique. On voit bien qu’au point de réflexion représenté ici, le chemin optique n’est pas stationnaire et les lois de la réflexion ne sont pas respectées (angles de part et d’autre du trait pointillé noir différents).

### 6.3 Interféromètre de Fabry-Pérot

**Nom du fichier :** fabry-perot.py

**Mots-clés :** filtre, cavité, finesse,

**Explication :** Spectre à l’issue d’un Fabry-Pérot. Deux sliders permettent de changer l’épaisseur optique de la cavité et le coefficient énergétique de réflexion du miroir de sortie.

### 6.4 Diffraction à travers une fente

**Nom du fichier :** fente\_3d.py

**Mots-clés :** Fraunhofer, sinus cardinal

**Explication :** Affichage en 3D de l’intensité lumineuse observée à l’issue d’une fente en diffraction de Fraunhofer. Deux sliders permettent de modifier la largeur et la hauteur de la fente.

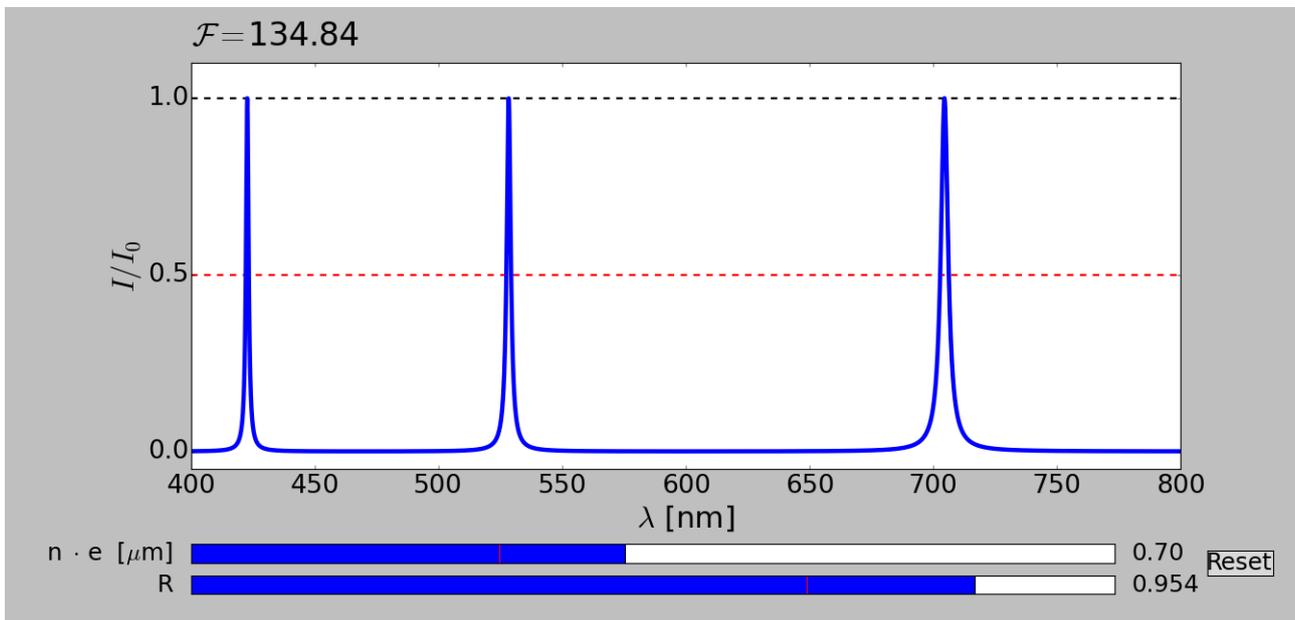


FIGURE 17 – Spectre issu d'un Fabry-Pérot après éclairage sous lumière blanche.  $\mathcal{F}$  est la finesse.

A compléter

FIGURE 18 – Résultat obtenu.

## 6.5 Dynamique du laser à 3 niveaux

Nom du fichier : laser\_3\_niveauxV2.py

Mots-clés : émission stimulée, inversion de population

**Explication** : Résolution par une méthode d'Euler de la dynamique d'occupation des différents niveaux. L'émission cohérente doit être déclenchée par de l'émission spontanée. Pour cela, un terme ad hoc est ajouté dans la variation de flux de photons qui déclenche l'émission cohérente.

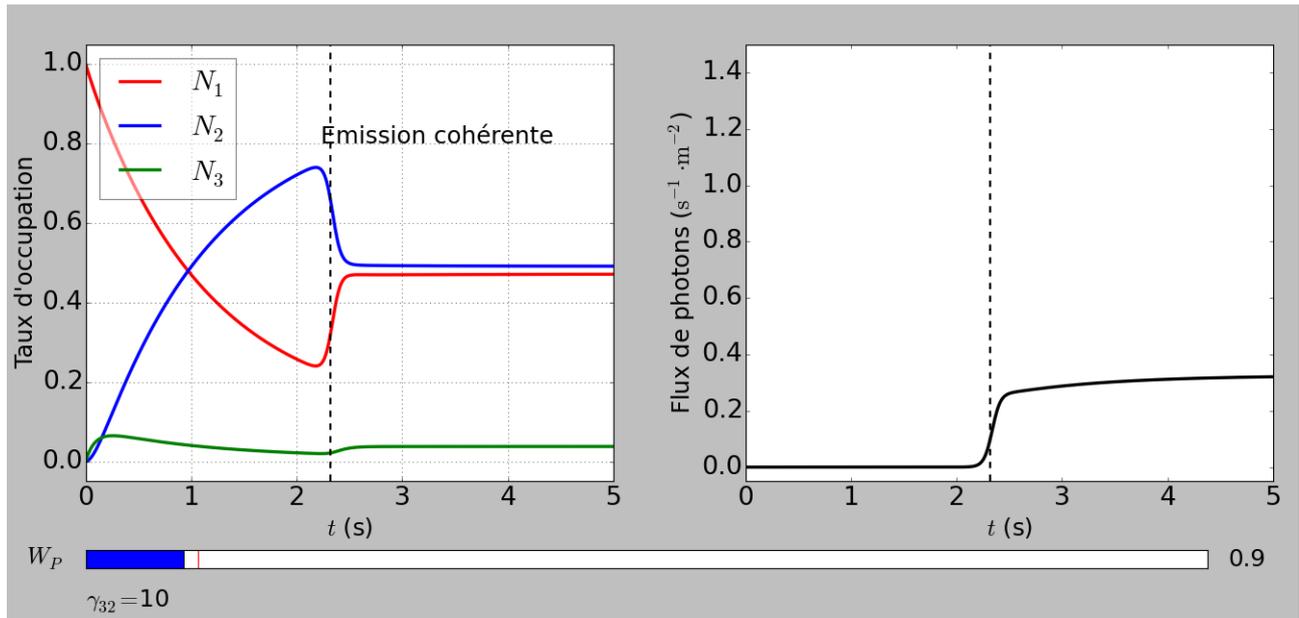


FIGURE 19 – Dynamique du taux d'occupation et flux de photons résultant.

## 6.6 Ratio émission stimulée/spontanée

Nom du fichier : glycolyse.py

Mots-clés : Oscillateur, Hopf, glycolyse, cycle, point fixe

**Explication** : Un code un peu superflu. Représente le rapport d'émission stimulée sur émission spontanée dans le cas du corps noir. Le résultat se retrouve dans le Dangoisse, la densité spectrale choisie est celle du corps noir. Le problème est cette densité spectrale : pour un laser par exemple, on sait pas trop à quoi elle ressemble...

Le résultat pour le corps noir est un peu claqué, si on fait les calculs, pleins de facteurs s'annulent et ne laissent que le facteur  $1/(\exp-1)$ . La morale : il est bien plus dur de faire un laser He-Ne que au CO2, qui est dans l'infrarouge.

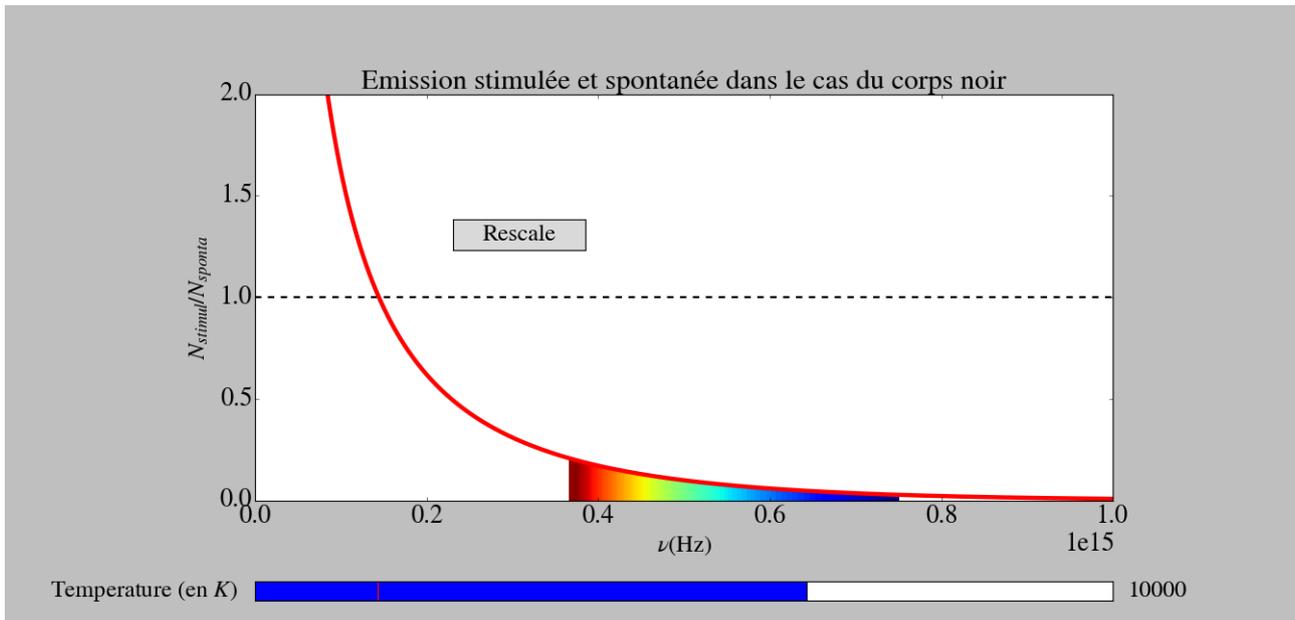


FIGURE 20 – Ratio de l'émission stimulée sur l'émission spontanée.

## 7 Mécanique quantique

### 7.1 Vallée de stabilité

**Nom du fichier :** vallee.py

**Mots-clés :** Nucléaire, proton, neutron, goutte liquide

**Explication :** Joli affichage de la vallée de stabilité ainsi que fit en  $N^2/3$ . Les données sont issues de Wikipedia.

Le calcul justifiant ce fit est trouvable dans n'importe quel livre de nucléaire (Valentin par ex., ou bien [ici p. 18](#)). Il ne suppose que des désintégrations beta, qui conserve donc le nombre de nucléons.""

### 7.2 Oscillations de Rabi

**Nom du fichier :** rabi.py

**Mots-clés :** système à deux niveaux, ammoniac, maser, spin, RMN

**Explication :** Présentation d'observer la transition de l'état antisymétrique à l'état symétrique pour le MASER en fonction du temps à gauche. A droite, on retrouve la proba max de transition en fonction de l'écart fréquentiel entre fréquence d'excitation et fréquence propre.

Deux sliders permettent de modifier tout cela : l'écart fréquentiel  $\delta$  et la largeur de la lorentzienne  $\omega_1$  que l'on retrouve à droite de l'image.

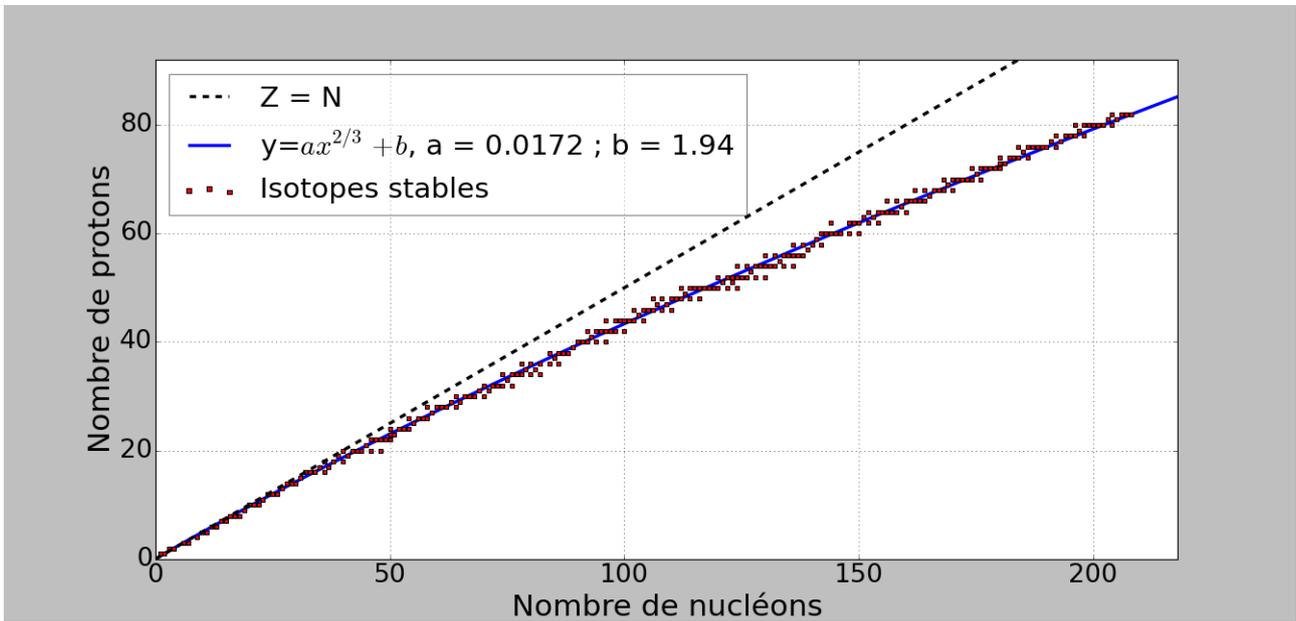


FIGURE 21 – Vallée de stabilité et fit associé.

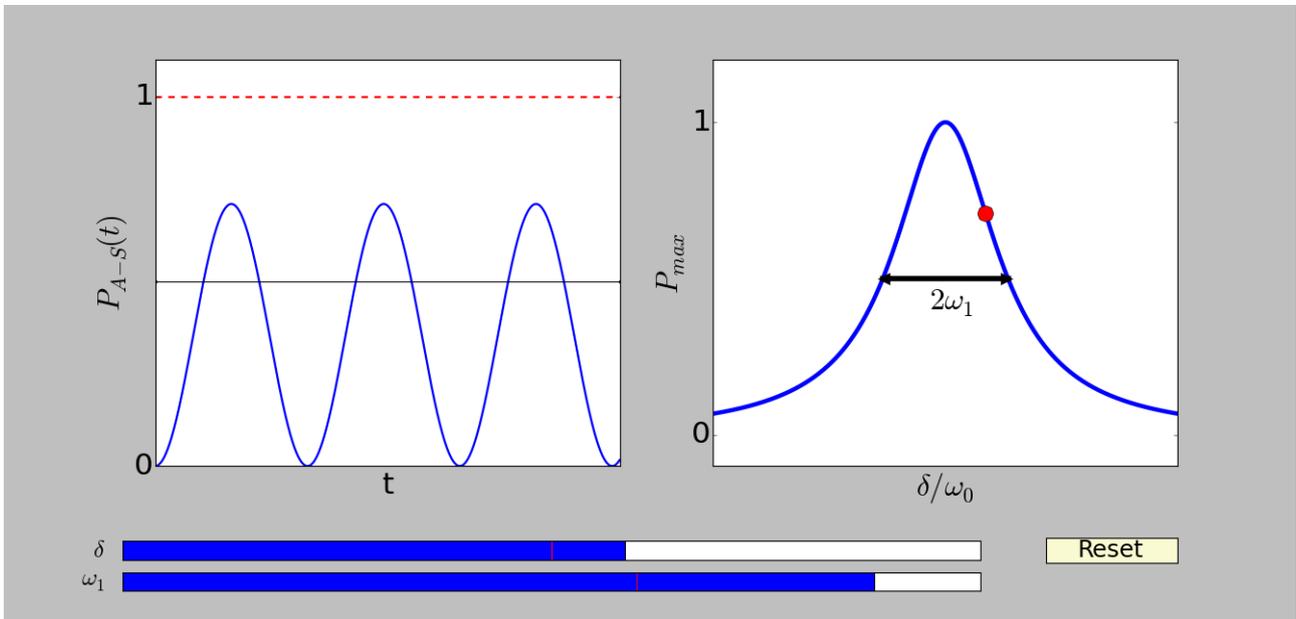


FIGURE 22 – Oscillations de Rabi.

### 7.3 Puits de potentiel fini

**Nom du fichier :** square\_pot.py

**Mots-clés :** Confinement, quantification, fonction d'onde

**Explication :** Affichage de la fonction d'onde et de l'énergie de tous les modes confinés dans un puits fini d'une certaine profondeur. Le nombre de modes affiché s'adapte automatiquement.

L'ensemble est résolu par Euler via l'équation de Schrödinger spatiale. La largeur et la profondeur se modifient directement dans le corps du code.

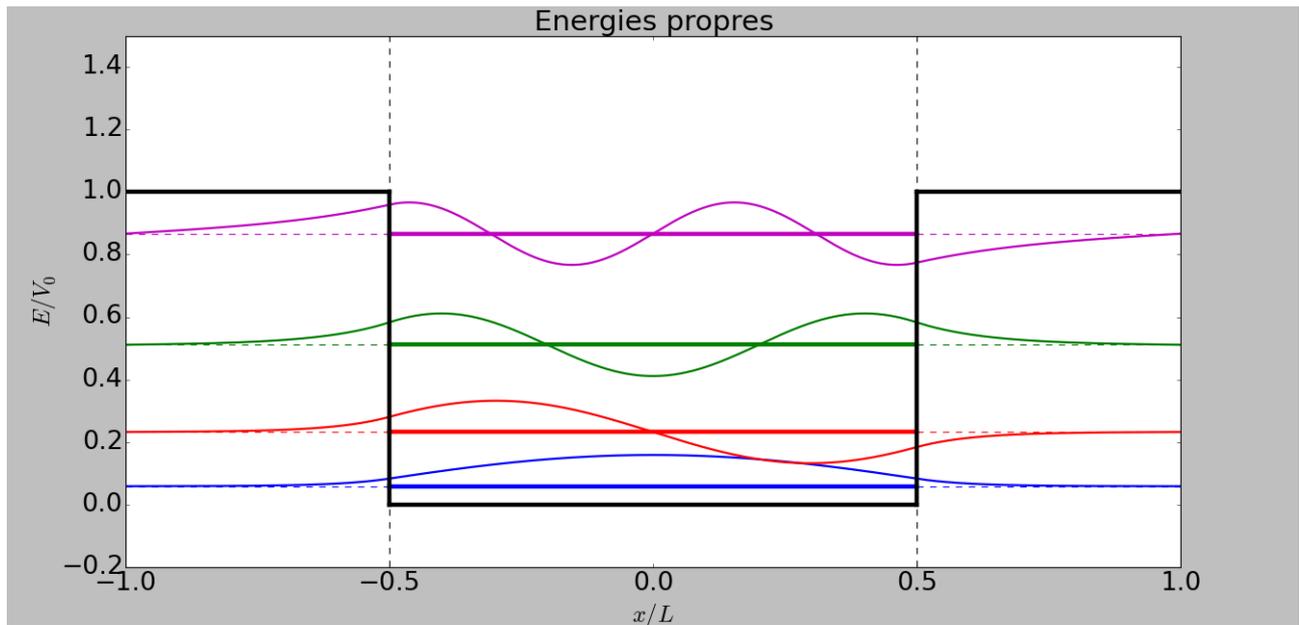


FIGURE 23 – L'ensemble est normalisé. Affichage de la fonction d'onde dans le puits et dans la barrière (légère pénétration). Le trait plus épais correspond à l'énergie du mode.

## 8 Autres

### 8.1 Portrait de phase d'un système dynamique

**Nom du fichier :** glycolyse.py

**Mots-clés :** Oscillateur, Hopf, glycolyse, cycle, point fixe

**Explication :** Permet le tracé du portrait de phase de tout système dynamique. Ici, le choix s'est porté sur la glycolyse (Strogatz p. 205).

Cet exemple permet d'observer une bifurcation de Hopf : passage d'un point fixe à un cycle limite. Ce CL est représenté en considérant un point de départ quelconque sur le portrait de phase. Il est suivi au cours du temps. Sont alors sélectionnés les derniers instants de la simulation, et cette trajectoire est représentée en rouge afin de mettre en évidence le cycle.

Le discriminant et la trace sont calculés et affichés à chaque maj. Cette bifurcation permet notamment

d'illustrer la leçon "Oscillateurs".

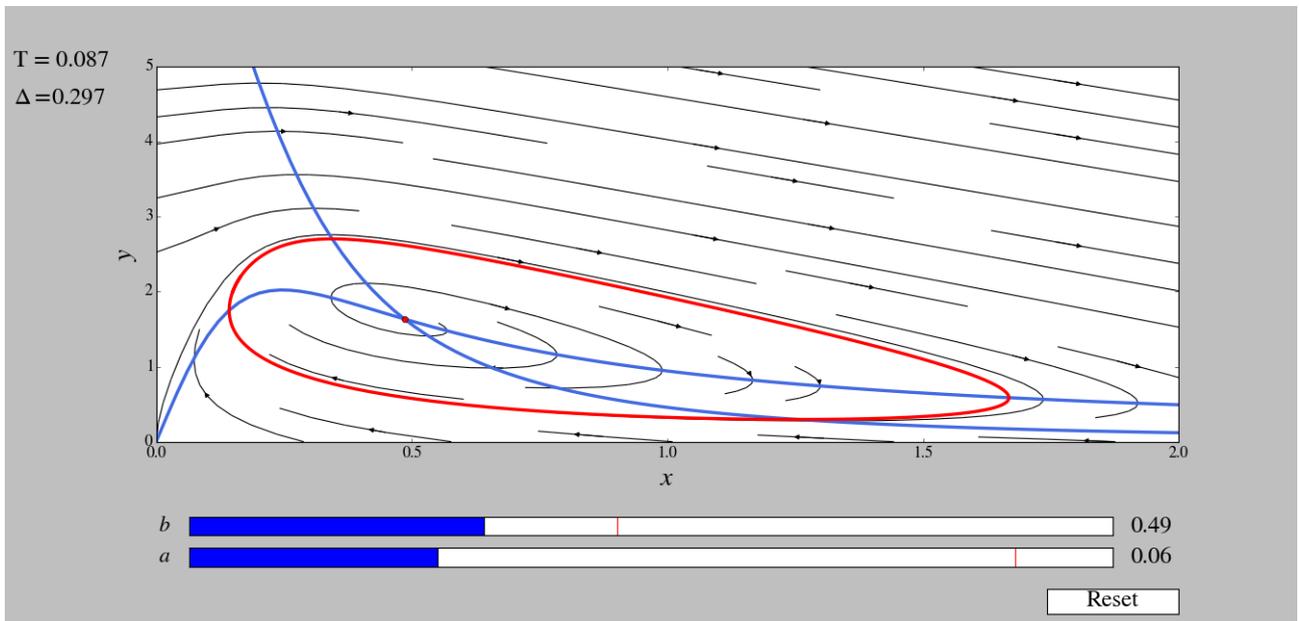


FIGURE 24 – Portrait de phase pour la glycolyse. La ligne rouge correspond à un cycle limite.

## Deuxième partie

# Chimie

## 1 Chimie expérimentale

### 1.1 Extraction liquide-liquide

Nom du fichier : lavage.py

Mots-clés : Extraction, Lavage, solvant, organique

**Explication** : Ce script représente le pourcentage de produit d'intérêt restant en solution après N extractions liq-liq à volume total de solvant constant.

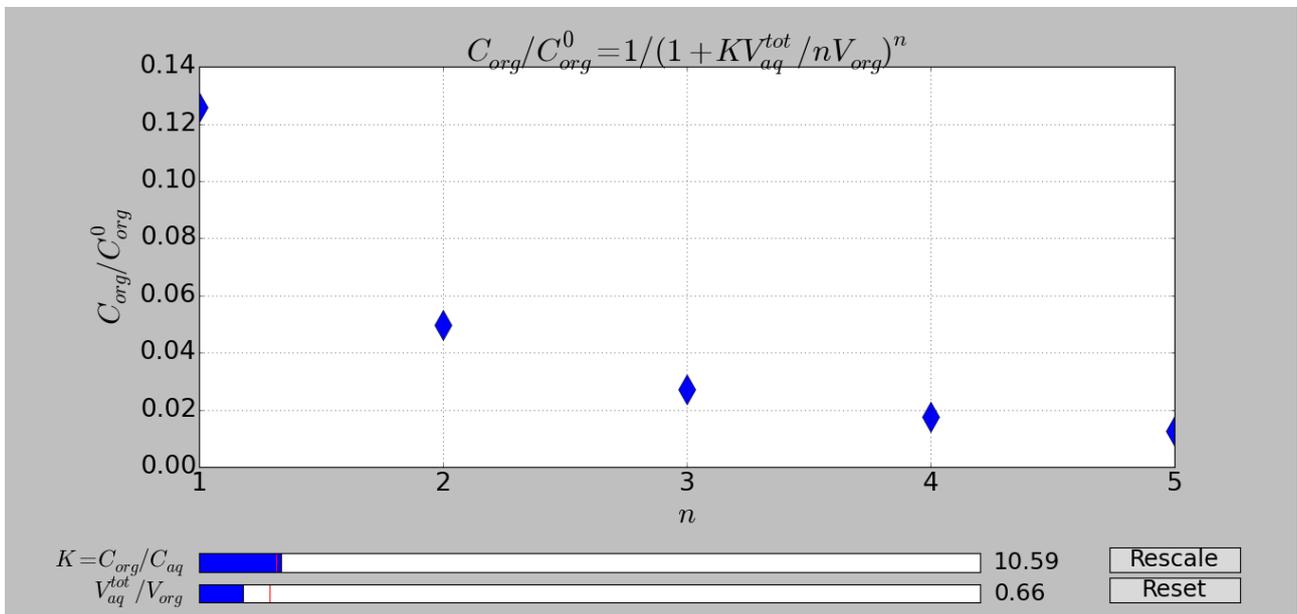


FIGURE 25 – Le calcul réalisé est affiché au-dessus.

## 2 Chimie des solutions

### 2.1 Diagramme de majorité

Nom du fichier : distrib.py

Mots-clés : Extraction, Lavage, solvant, organique

**Explication** : Tracé évolutif des zones de majorité en fonction de pKa.

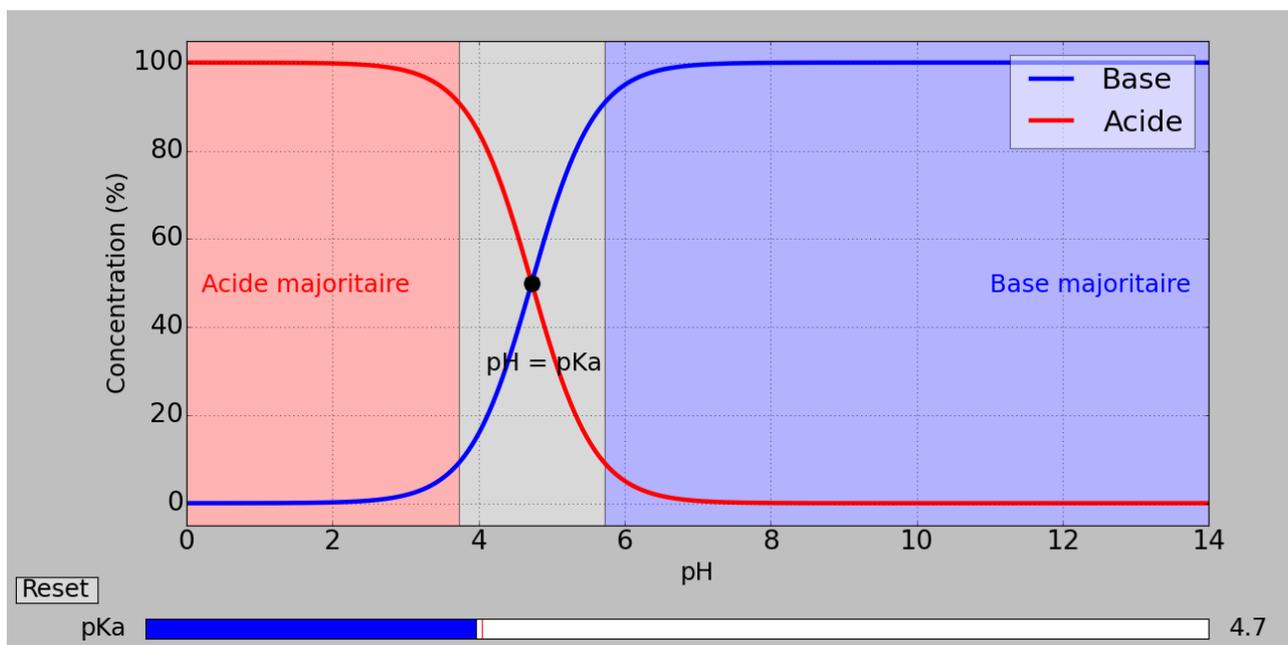


FIGURE 26 – Diagramme de distribution Acide/base

## 2.2 Effet d'ion commun

**Nom du fichier :** ion\_commun.py

**Mots-clés :** solubilité, stoechiométrie, ion commun

**Explication :** Ce script trace l'évolution de la solubilité en fonction de la concentration initiale supplémentaire  $C_0$  en faisant la résolution exacte. Possibilité de changer de stoechiométrie.

## 3 Thermochimie

### 3.1 État d'équilibre chimique

**Nom du fichier :** equilibre.py

**Mots-clés :** Ammoniac, rupture d'équilibre, température, pression, iodure de plomb, avancement

**Explication :** Ce script interactif montre l'état d'équilibre en fonction de l'avancement et son évolution en fonction de P et T pour la synthèse de l'ammoniac.

On peut passer à la synthèse de l'iodure de plomb pour montrer la rupture de l'équilibre.

*Piste d'amélioration : lorsque l'on passe au iodure de plomb, faire en sorte que la réaction en haut de l'écran change automatiquement.*

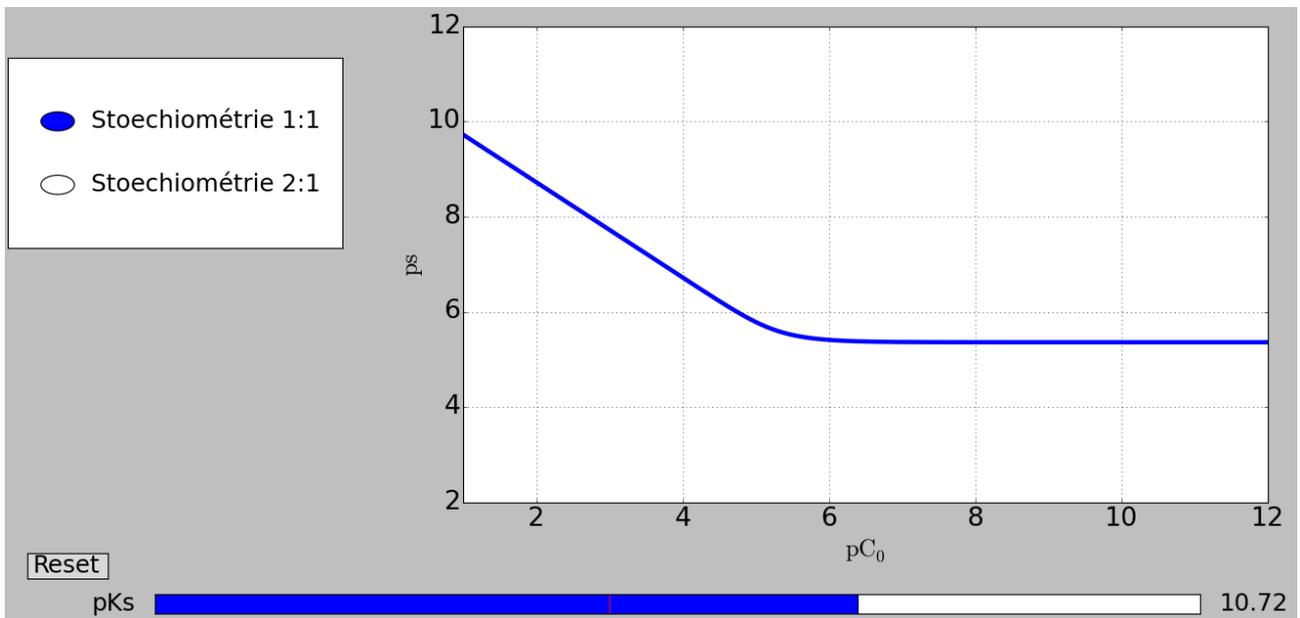


FIGURE 27 – Tracé de  $p_s$  en fonction de  $pC_0$ .

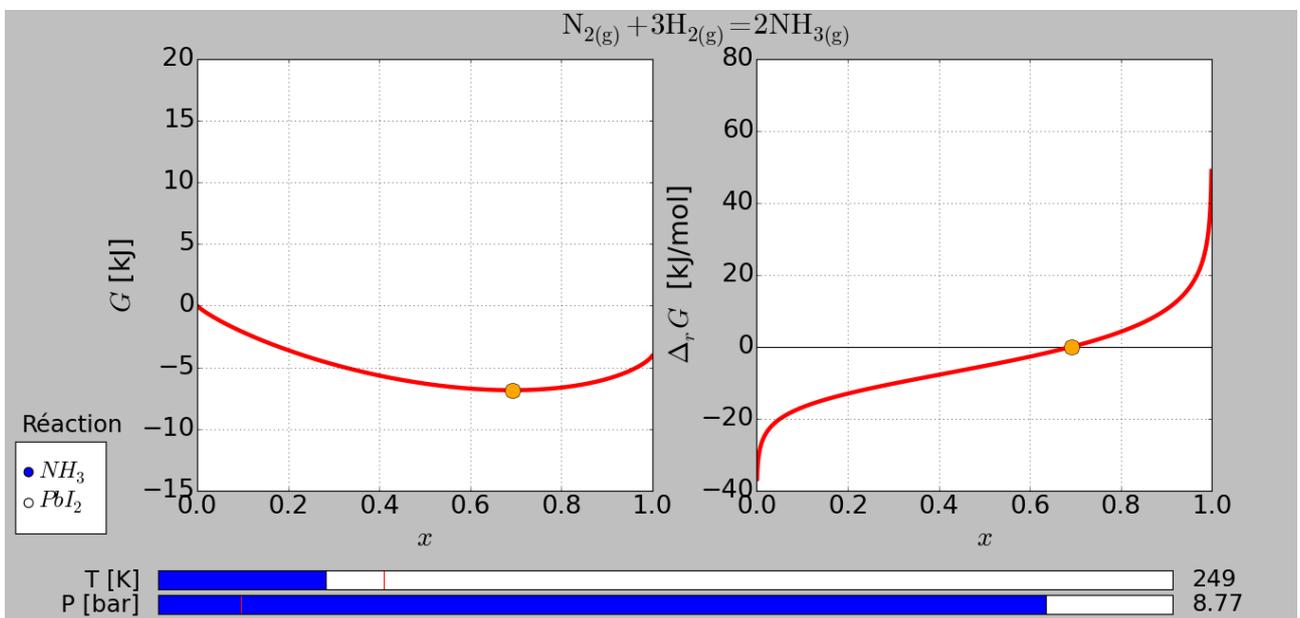


FIGURE 28 – Détermination graphique de l'état d'équilibre pour l'ammoniac et  $PbI_2$  en fonction de T et P.

## 4 Cinétique

### 4.1 Analyse cinétique par méthode intégrale

Nom du fichier : analyse\_cinetique.py

Mots-clés : cinétique, érythrosine, ordre partiel, spectrophotométrie

**Explication** : Ce script utilise les données expérimentales sur la décomposition de l'érythrosine par les ions hypochlorites. Elles se retrouvent dans le livre de Martinand-Lurin et Grüber "40 expériences illustrées de chimie générale et organique".

Ce code trace deux sets de données pour vérifier les ordres partiels 0, 1 et 2. Le code peut être dévoilé progressivement pour une présentation plus douce.

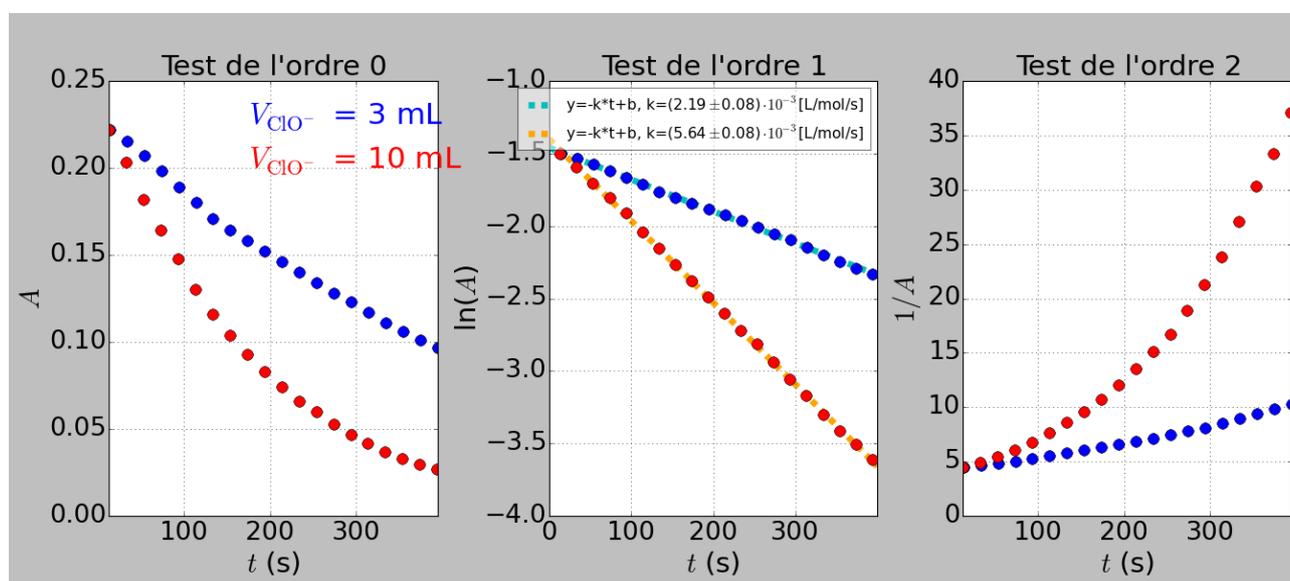


FIGURE 29 – Analyse des ordres partiels 0, 1 et 2.

## 5 Électrochimie

### 5.1 Courbe i-E, surtensions et paliers de diffusion

Nom du fichier : i-E.py

Mots-clés : intensité, potentiel, surtension, rapide, lent, palier, diffusion

**Explication** : Ce script permet une définition visuelle des courbes i-E à partir du couple  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ . **Le profil affiché n'est pas rigoureux** : c'est la somme de deux courbes "erf", qui permet un affichage cohérent, avec surtension et palier de diffusion.

Ce code permet de faire varier la surtension et les concentrations, ce qui joue sur les paliers de diffusion et le potentiel à l'équilibre.

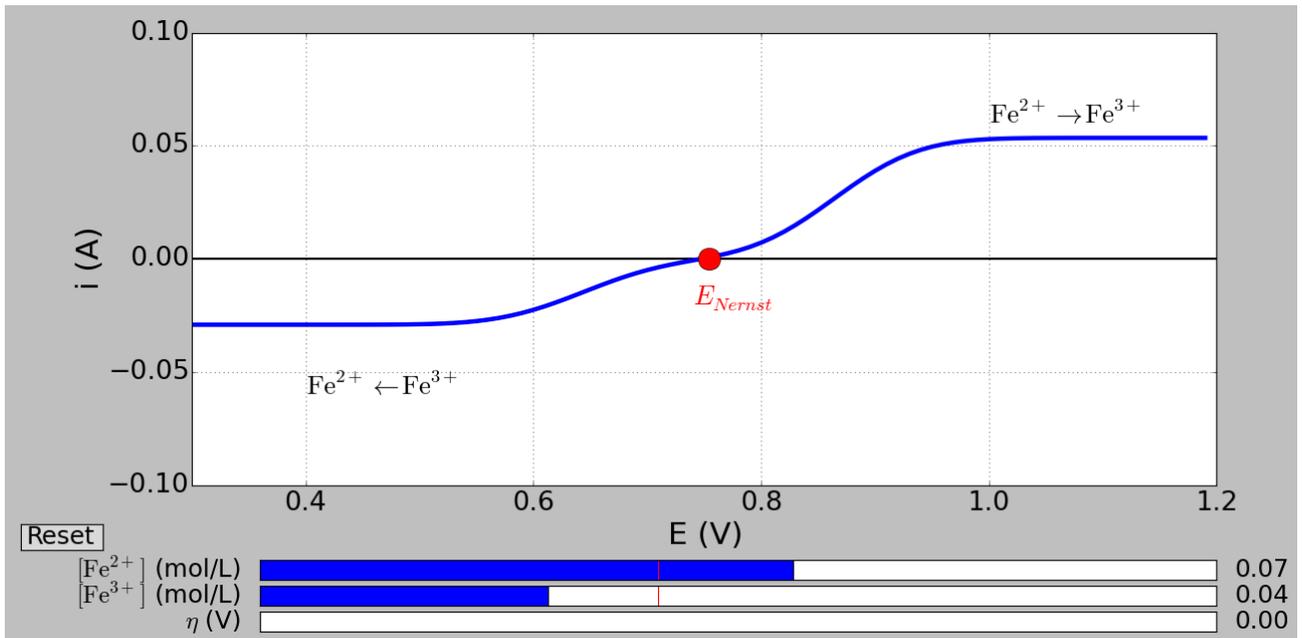


FIGURE 30 – Courbe i-E, surtensions et paliers de diffusion

## 5.2 Corrosion du fer par l'eau

**Nom du fichier :** Courbe-i-E-corr.py

**Mots-clés :** Corrosion, fer, oxydation, électrochimie

**Explication :** Ce script permet la définition du potentiel et du courant de corrosion, à l'aide des courbes de réduction de l'eau et d'oxydation du fer. La surtension cathodique peut varier.

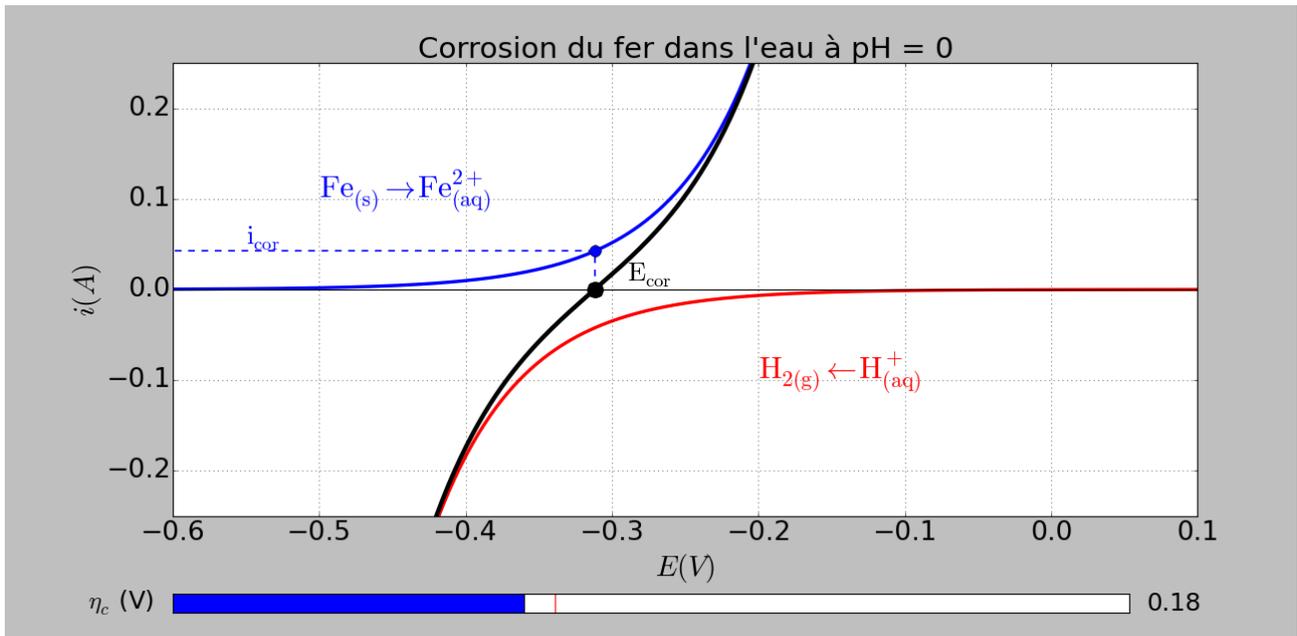


FIGURE 31 – Potentiel et courant de corrosion. L'ensemble bouge avec le slider.

## Troisième partie

### Autres liens utiles

Lors de la préparation aux oraux, d'autres liens comportant des codes Python ont été trouvés. Voici une liste les recensant :

- <http://cdrom2016.agregation-physique.org/index.php/programmes-informatiques/programme-python/details/15/2036> : Beaucoup de codes, parfois superflus. Certains codes énoncés dans ce document sont inspirés d'autres trouvés sur ce lien.
- <http://pcsi.kleber.free.fr/IPT/doc/py4phys.pdf> : Des codes très spécifiques et avancés qui peuvent donner des idées.
- [https://github.com/araoux/python\\_agregation/tree/master/programmes\\_lecons](https://github.com/araoux/python_agregation/tree/master/programmes_lecons) : Des codes de grande qualité issues de la prépa de Montrouge. (les codes de propagation du son, du gaz de VdW et de diffraction à N fentes sont excellents)