

# Mise en perspective didactique d'un dossier de recherche

Rémi de Guiran

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Parcours</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Travaux de recherche</b>	<b>2</b>
2.1	Doctorat (2009-2013) : Transport d'un champ magnétique vertical dans les disques d'accrétion	2
2.1.1	Contexte	2
2.1.2	Modèle développé	5
2.1.3	Résolution du modèle et stabilité	7
2.1.4	Bilan : le champ magnétique est-il suffisamment advecté pour déclencher un jet ?	7
2.2	Ingénierie de recherche : simulation de sources d'ions par résonance électronique cyclotronique	8
2.2.1	Contexte	8
2.2.2	Résultats	8
<b>3</b>	<b>Expérience d'entrepreneur : co-gérant de Leida Technologies</b>	<b>9</b>
3.1	Travail réalisé	10
3.2	Lien avec l'enseignement	10
<b>4</b>	<b>Activités de formation et d'enseignement</b>	<b>11</b>
4.1	Formateur au Campus Numérique in the Alps	11
4.2	Enseignant contractuel au lycée Ferdinand Buisson de Voiron	11
<b>5</b>	<b>Compétences et motivations</b>	<b>12</b>

## 1 Parcours

Mon cursus s'est initialement orienté vers des études d'ingénieur. Après une classe préparatoire (ptsi/psi) au lycée Jules Garnier de Nouméa, j'ai intégré l'école Phelma à Grenoble en 2005. Diplômé en matériaux fonctionnels et nanophysique.

J'ai ensuite suivi un master 2 recherche en astrophysique à l'université Joseph Fourier en 2009. Puis réalisé une thèse à l'institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble entre 2009 et 2013. Après ma thèse je suis revenu vers l'ingénierie de recherche lors d'un contrat d'ingénieur de recherche au CEA Saclay pendant deux ans (2014-2016), mon travail portait sur la simulation de sources d'ions monochargés. Entre 2017 et 2019, j'ai co-crété et co-géré l'entreprise Leida technologies, spécialisée dans la conception de systèmes d'illumination structurée pour microscopes et de solutions de traitement d'image associées à ces systèmes.

Je me suis ensuite plus sérieusement tourné vers la transmission de savoirs en travaillant pour le Campus Numérique in the Alps, participant à la mise en place de formations aux sciences des données destinées à différents publics (docteurs en sciences, autistes asperger). Enfin, j'ai été professeur contractuel de l'éducation nationale au lycée Ferdinand Buisson de Voiron pendant l'année scolaire 2020/2021. Décidé à poursuivre dans l'enseignement, je suis depuis la rentrée 2021 la préparation à l'agrégation de physique chimie option physique à l'ENS Lyon.

## 2 Travaux de recherche

### 2.1 Doctorat (2009-2013) : Transport d'un champ magnétique vertical dans les disques d'accrétion

J'ai réalisé ma thèse au sein de l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique et Grenoble (IPAG) sous la direction du Pr. Jonathan Ferreira. Il s'agissait d'étudier l'évolution du champ magnétique dans les disques d'accrétion. Étude qui s'est basée sur le développement conjoint d'un modèle et d'un code de simulation permettant d'étudier le champ magnétique. Je présenterai dans ce dossier la partie modèle et méthodes numériques de ma thèse. En parallèle de mon doctorat, j'ai participé au projet "Fly your thesis!" où des équipes d'étudiants sélectionnées par l'agence spatiale européenne réalisent des expériences en microgravité.

#### 2.1.1 Contexte

**Aux échelles astronomiques,** tout tourne dans notre univers. La lune tourne autour de la terre, les planètes tournent autour de leur étoile, la galaxie tourne autour de son centre. Ce constat peut s'expliquer à l'aide de deux ingrédients : la gravité et la conservation du moment cinétique. En effet, la gravité, qui est la force dominante à ces échelles, est attractive et favorise donc la contraction des systèmes. Néanmoins, tous les systèmes ne s'effondrent pas complètement sur eux même et nous le devons à la conservation du moment cinétique. Si on suppose un nuage de gaz et de poussière en effondrement, celui ci aura toujours un peu de moment cinétique autour de son centre de masse. Lors de son effondrement, le nuage va tourner de plus en plus vite autour de son axe de rotation de sorte que l'effondrement va être dissymétrique. La force centrifuge va finir par compenser l'attraction gravitationnelle au niveau du plan médian du système, mais pas au dessus et en dessous, où la matière va "tomber" en direction de ce plan. C'est pourquoi la matière finit par former une structure en forme de disque (1 gauche). Les disques d'accrétion sont des objets **géométriquement minces** en orbite autour d'un **objet central** possédant l'essentiel de la masse. Ces disques sont toujours au moins partiellement ionisés. Or il y a toujours du champ magnétique dans la galaxie, ce qui permet un couplage entre ce champ et le disque.

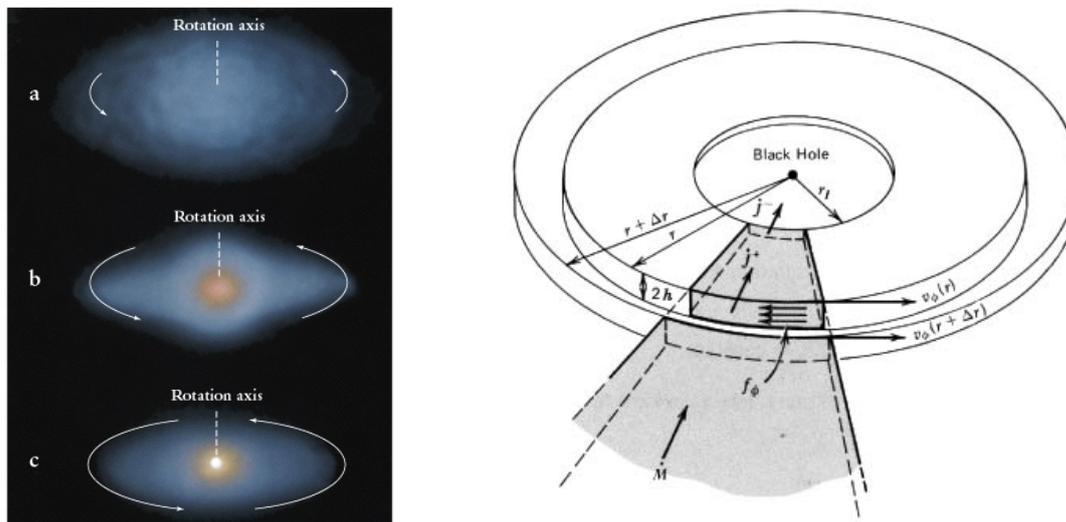


FIGURE 1 – **A gauche** : schéma de la formation d'un système stellaire. **A droite**, mécanisme en jeu dans un disque d'accrétion

**Description typique :** l'objet central possédant l'essentiel de la masse, le disque dont la force centrifuge équilibre l'attraction de l'objet suit une orbite obéissant à la 3e loi de Kepler : à savoir une vitesse angulaire en  $r^{-3/2}$  (origine au centre de l'objet central). Leur cisaillement est donc important. Comme ils possèdent un (ou des ?) mécanisme(s) de diffusion de la quantité de mouvement, l'accrétion de matière vers l'objet central est possible. La figure 1 montre la dynamique à l'œuvre dans les disques d'accrétion : on s'intéresse à un anneau, celui ci est accéléré par la zone interne et freiné par la zone externe. Un flux global

de moment cinétique s'opère vers l'extérieur. Les régions les plus externes du disque s'éloignent, alors que la grande majorité de la matière du disque accrète. Si le moment cinétique est conservé, l'énergie mécanique non ! Ce qui se traduit par un rayonnement important de la part des disques, conséquence du "chauffage" induit par cette viscosité. C'est d'ailleurs le rayonnement observé en provenance de certains objets qui a poussé les astrophysiciens à imaginer le concept de disque d'accrétion, car ce rayonnement était si intense que des réactions de combustion nucléaire ne pouvaient l'expliquer.

#### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

Mise en contexte de loi de conservation. L'exemple de l'embrayage (*BRF mécanique 2 p 82*) : la conservation du moment cinétique permet de quantifier la conversion d'énergie mécanique en énergie thermique, c'est exactement ce qui se passe pour les disques d'accrétion !

**Systemes de disques :** on en trouve dans des contextes très variés. Dans les noyaux actifs de galaxie (2), le disque entoure un trou noir supermassif (comme celui au centre de notre galaxie). Autour d'étoiles jeunes issues de l'effondrement d'un nuage de gaz et de poussière. Ou encore dans des systèmes binaires (2) composé d'une étoile et d'un objet compact (naine blanche, étoile à neutron ou trou noir stellaire). Si l'étoile remplit son lobe de Roche, la matière située sur la couche externe de l'étoile va transiter vers l'objet compact, formant un disque d'accrétion.

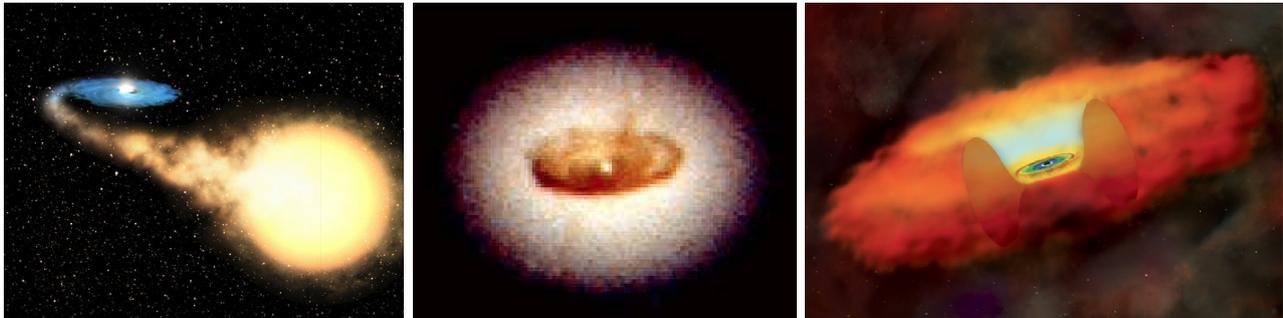


FIGURE 2 – **A gauche** : vue d'artiste d'un système binaire à disque d'accrétion. **Au milieu et à droite** : Observation et interprétation d'un noyau actif de galaxie. L'observation montre un tore de gaz et de poussière entourant le trou noir central. Le point brillant est un disque d'accrétion. A droite, la vue d'artiste montre l'interprétation qu'on se fait de cet objet, le tore alimente le disque d'accrétion interne

#### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

Application référentiels non Galiléens : dans le référentiel tournant d'un système binaire, on détermine le potentiel effectif (gravitationnel + centrifuge) et on en déduit les 5 points de Lagrange. Caractérisation des points stables et instables. Mise en contexte pour les systèmes binaires à disque d'accrétion.

**Rôle du champ magnétique dans les disques :** il est double.

**Premièrement**, on suppose que la présence d'un champ magnétique dans les disques permet des instabilités qui génèrent de la turbulence. Cette turbulence générant une viscosité effective en accord avec les observations. Or l'intensité de cette turbulence est liée à l'intensité du champ magnétique dans le disque. Plus précisément au rapport de la pression magnétique sur la pression thermique qu'on note  $\mu = \frac{B^2}{2\mu_0 P}$

**Deuxièmement**, on observe des jets bipolaires de matière émanant perpendiculairement aux disques dans tous les types de disque existants (figure 3). Tous les modèles de jet supposent l'existence d'un champ magnétique à grande échelle perpendiculaire au plan du disque. Parmi ces modèles, le **modèle de vent de disque** considère un disque traversé par un champ magnétique dipolaire. L'interaction disque/champ magnétique permettant sous certaines conditions l'émission d'un jet (figure 3). Ces vents exercent un freinage très efficace sur le disque et favorisent l'accrétion de matière. Les modèles de vent de disque (ainsi que les

simulations) s'accordent sur un critère important permettant l'éjection de matière : **il est nécessaire que la magnétisation  $\mu$  soit de l'ordre de l'unité**. De plus, on observe pour certains systèmes de disque des alternances entre phases avec émission de jet et sans jet.

### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

Introduction à la notion de pression magnétique. Expression de la densité d'énergie magnétique. Rappeler que la pression d'un gaz est aussi une densité d'énergie et expliquer que dans certains milieux le gradient de pression magnétique est une force volumique ressentie par le milieu considéré. Contextualisation à l'astrophysique.

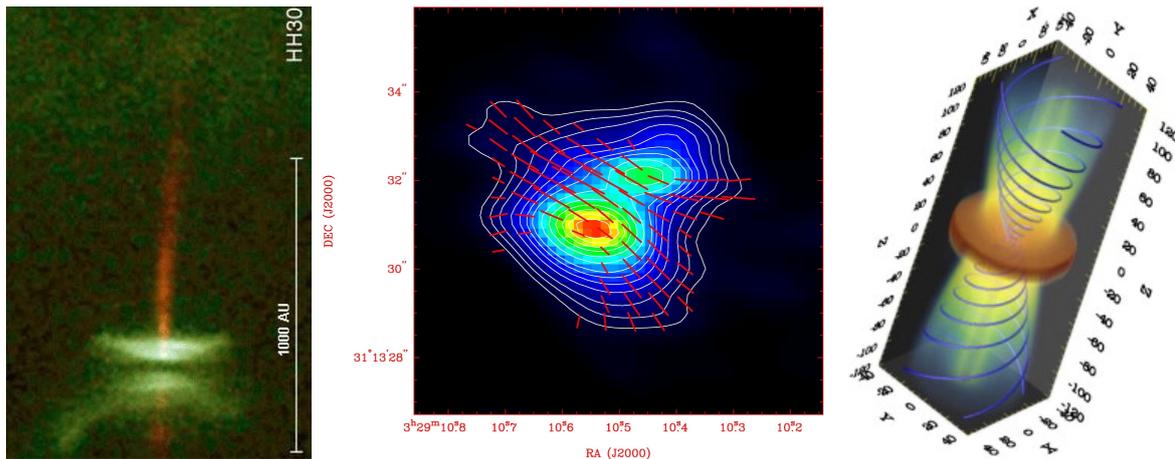


FIGURE 3 – **A gauche** disque d'accrétion (bande sombre) et jet (orangé) dans une système stellaire jeune. **Au milieu**, observation de la topologie du champ magnétique de l'objet stellaire jeune NGC1333. On observe une topologie dipolaire du champ. **A droite** : simulation d'un vent de disque. Le disque, traversé par un champ magnétique dipolaire, émet un jet

**Problématique :** notre compréhension du comportement du champ magnétique dans les disques se heurte notamment à deux problématiques qui sont encore aujourd'hui difficiles à concilier.

- Lors de la formation du disque, la matière va entraîner les lignes de champ magnétique avec elle, ce qui aura pour conséquence de l'amplifier. Si aucun mécanisme de diffusion magnétique n'opérait, le champ deviendrait si fort que la pression magnétique compenserait la gravité et que le disque se retrouverait bloqué ! Tout comme pour la viscosité, **des mécanismes de diffusion magnétique via de la turbulence sont nécessaires** pour permettre aux disques d'accrétion d'exister.
- Or l'existence de jets nécessite un champ magnétique suffisamment fort (*via* la magnétisation  $\mu$ ), il faut donc que le disque puisse advecter le champ magnétique et l'amplifier pour respecter cette contrainte.

Par conséquent, le disque doit permettre la diffusion du champ magnétique **mais pas trop**, sans quoi aucun jet ne pourrait se déclencher. A l'époque où j'ai commencé ma thèse, les modèles existants permettaient de décrire un disque d'accrétion standard (SAD, sans jet) ou un disque éjectant (JED), aucune simulation couplant disque et champ magnétique n'était en mesure de décrire l'évolution d'un disque sur des échelles de temps suffisamment longues pour éventuellement parvenir à reproduire les observations. La raison est simple, la gravité étant le "pilote suprême" de la dynamique d'un disque, à un rayon de disque donné, le temps dynamique est le temps képlérien  $\tau_k$  qui varie en  $r^{3/2}$ . Or les évolutions globales d'un disque (on parle d'évolutions séculaires) sont pilotées par les temps les plus lents, à savoir les temps dynamiques aux bords extérieurs du disque. On est donc à la fois contraint par la dynamique interne du disque et ses temps "courts", tout en voulant étudier des évolutions sur des temps longs. Un code type magnétohydrodynamique n'a actuellement pas les capacités de simuler globalement des disques sur les échelles de temps voulues, il était donc nécessaire de développer un modèle simplifié de disque ainsi qu'un code permettant de le simuler.

$\mu$  étant le rapport de la pression magnétique sur la pression thermique, on peut montrer moyennant hypothèses qu'elle dépend de deux paramètres : **le champ magnétique** et **la densité** dans le disque. Le modèle devait donc pouvoir décrire la dynamique de ces deux grandeurs. On peut résumer la problématique de ma thèse en deux points :

- Est-il possible qu'un disque standard advecte suffisamment un champ magnétique extérieur pour que son intensité soit suffisante dans les régions internes du disque pour permettre le déclenchement d'un jet
- Une variabilité imposée dans les régions externes du disque (taux d'accrétion, densité...) peut-elle expliquer les variabilités observées ?

## 2.1.2 Modèle développé

**Formalisme :** pour décrire l'évolution du champ magnétique dans les disques, j'ai été amené à développer un modèle couplant le champ au disque dans le cadre du formalisme de la magnétohydrodynamique non idéale (MHD résistive, permettant à la matière de traverser les lignes de champ).

**Symétries et grandeurs du modèle :** On travaille dans le repère  $(O, \vec{e}_r, \vec{e}_\phi, \vec{e}_z)$  avec  $O$  le centre de l'objet central et  $(O, \vec{e}_z)$  l'axe de rotation du disque (figure 4). Le système est considéré axisymétrique suivant l'axe de rotation du disque ce qui simplifie le problème. Moyennant un certain nombre d'hypothèses fortes que je ne décrirai pas dans ce document, on peut se ramener à un problème temporel à **deux variables** : la **densité** du disque et la composante méridienne du champ magnétique  $\vec{B}_m$  (dans le plan  $(\vec{e}_r, \vec{e}_z)$ ). Le champ magnétique méridien peut s'écrire en fonction de  $a = rA_\phi$  avec  $A_\phi$  la composante suivant  $\vec{e}_\phi$  du potentiel vecteur :  $\mathbf{B}_m = \frac{1}{r} \text{grad}(a) \times \vec{e}_\phi$ . Les surfaces "iso-a" sont donc les surfaces magnétiques (surfaces bleutées figure 6).

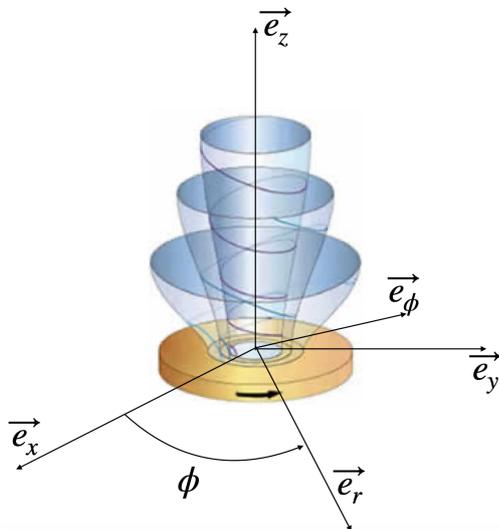


FIGURE 4 – Géométrie du problème. Le repère  $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$  est attaché à un référentiel considéré galiléen. On considère qu'il y a invariance selon  $\vec{e}_\phi$ .

### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

Description de la composante méridienne d'un champ magnétique axisymétrique. Expression de  $\vec{B}_m$  en fonction de  $a = rA_\phi$  et mise en évidence qu'une surface "iso-a" correspond à une surface magnétique. Contextualisation : description très utilisée par les astrophysiciens et les physiciens des tokamaks

**Advection/diffusion du champ magnétique :** Pour un disque d'accrétion mince la loi d'ohm MHD donne pour  $a$ <sup>1</sup>

$$\frac{\partial a}{\partial t} = -u_r \frac{\partial a}{\partial r} - r \eta_m J_\phi \quad (1)$$

avec  $\eta_m$  la résistivité du plasma,  $u_r$  la vitesse d'accrétion (radiale) et  $J_\phi$  la densité de courant orthoradiale. Elle peut se réécrire :

$$\frac{\partial a}{\partial t} = -u_r \frac{\partial a}{\partial r} + \nu_m \Delta' a \quad (2)$$

avec  $\nu_m = \eta_m / \mu_0$  la diffusivité magnétique et  $\Delta' a = \frac{\partial^2 a}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial a}{\partial r} \right)$  un "laplacien modifié". C'est donc une équation de transport type advection diffusion, où l'accrétion de plasma va entraîner les lignes de champ vers l'intérieur et ce faisant, conduire à une amplification du champ magnétique. Et la diffusion qui elle tend à faire diffuser les lignes de champ à travers le plasma et donc minimiser l'amplification du champ.

**Équilibre des surfaces magnétiques de la magnétosphère :** la problématique est présentée figure 5. On ne peut ignorer l'influence de la magnétosphère pour décrire l'évolution du champ magnétique dans le disque. Une configuration magnétique est un problème global (il faut composer avec  $\text{div} \vec{B} = 0$ ) L'hypothèse (forte!) réalisée pour permettre de simuler le disque sur des échelles de temps longues a été de considérer une magnétosphère vide de courant ce qui permettait de calculer la distribution de  $J_\phi$  dans le disque sans consommer trop de ressources numériques.

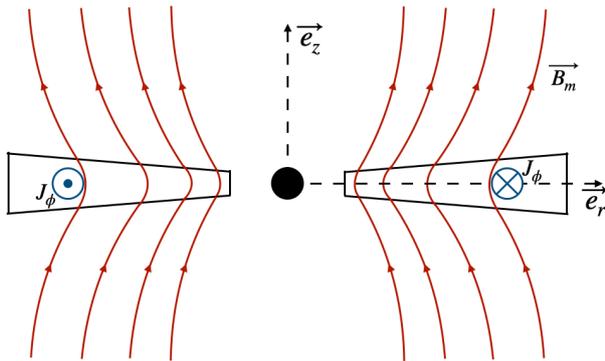


FIGURE 5 – Influence de la magnétosphère sur le transport du champ dans le disque. Le disque accrétant, il emporte les lignes de champ avec lui, mais l'équilibre des surfaces magnétiques dans la magnétosphère impose une inclinaison des lignes de champ en surface du disque, et donc une densité de courant  $J_\phi$  dans le disque qui tend elle à relaxer les lignes de champ vers l'extérieur.

### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

- Mise en perspective des lois de passage en magnétostatique. La discontinuité du champ tangentiel à une interface est liée à la densité de courant surfacique d'une nappe de courant. Application aux disques d'accrétion.
- Calcul numérique d'une configuration simplifiée du champ magnétique dans un disque d'accrétion. On considère quelques boucles de courants concentriques qui génèrent chacune un champ type dipolaire. On ajoute un champ extérieur et on retrouve la forme du champ magnétique dans les disques d'accrétion !

**Dynamique du disque :** pour décrire l'évolution du champ magnétique dans le disque, la vitesse d'accrétion de la matière est nécessaire pour calculer l'advection du champ. Moyennant des prescriptions sur la viscosité du disque et sur l'influence d'un éventuel jet sur celui-ci (dépendantes de  $\mu$ ), la vitesse d'accrétion s'obtient *via* l'équation de Navier-Stokes MHD.

1. Cette équation s'obtient en considérant la loi d'ohm  $\vec{E} + \vec{u} \times \vec{B} = \eta_m \vec{j}$ , en considérant une contribution électrostatique nulle on a  $\vec{E} = -\frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$  et avec  $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$  on aboutit à l'équation

**Bilan du modèle/schéma de l'algorithme :** sont résumés figure 6. En partant d'une distribution de densité de matière  $\rho(r, t = 0)$  et d'une distribution de champ magnétique  $a(r, t = 0)$ , on évalue la vitesse d'accrétion et la densité de courant du disque qui permettent de déduire l'évolution des distributions de  $a(r, t)$  et  $\rho(r, t)$  et ainsi de suite.

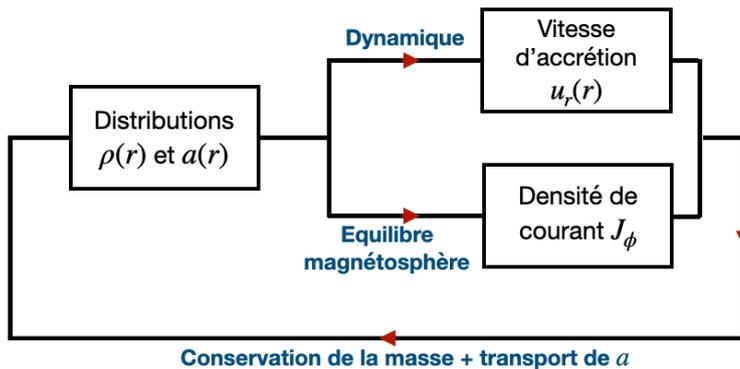


FIGURE 6 – Principe du modèle

### 2.1.3 Résolution du modèle et stabilité

Je n'expliciterais pas ici les méthodes numériques que j'ai développées pendant ma thèse mais ce travail m'a permis d'acquérir de solides compétences qui me permettraient de créer des contenus à destination des élèves dont j'aurais la responsabilité.

#### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

- Simulation de phénomènes de transport type diffusion (équation de la chaleur, diffusion de particules) : mise en évidence de l'importance des conditions aux limites (grandeur imposée ou flux imposé) sur le résultat. Mise en évidence des critères de stabilité d'un algorithme.
- Simulation de phénomènes de transport type advection : transport de matière par un fluide.

Durant le développement du code de calcul, je me suis heurté à des problèmes de convergence du code qui m'ont amené à étudier plus en profondeur la stabilité du modèle. Effectivement, le couplage du champ magnétique et de la matière peuvent induire des comportements non-anticipés, même dans le cadre d'un modèle très simplifié comme celui développé ici. L'étude analytique du modèle reposait sur une linéarisation des équations et par l'étude de petites perturbations autour d'un équilibre. J'ai ainsi pu mettre en évidence des instabilités intrinsèques au modèle.

### 2.1.4 Bilan : le champ magnétique est-il suffisamment advecté pour déclencher un jet ?

Une fois les problématiques de stabilité réglées, j'ai pu étudier l'évolution du champ sur de longues échelles de temps. Il en ressort que dans le cadre du modèle que j'ai développé **un disque non éjectant ne peut amplifier suffisamment le champ magnétique pour permettre l'émission de jets**. Néanmoins un point original qui est ressorti de ce travail est la possibilité de jets sur les bords extérieurs du disque. En effet, dans ces zones la densité est très faible, et même si le champ magnétique est peu intense, la magnétisation peut être suffisamment grande pour permettre la formation d'un jet. Dans ce cas le disque se retrouve dans une configuration mixte, avec une zone éjectante dans les zones externes et une zone standard vers l'intérieur (figure 7). Il peut alors y avoir advection suffisante du champ magnétique pour obtenir un jet émis depuis les zones intérieures du disque. Ceci dit **ce résultat est infirmé par les observations** : tout tend à montrer qu'il n'y a pas d'éjection de matière depuis les zones externes du disque.

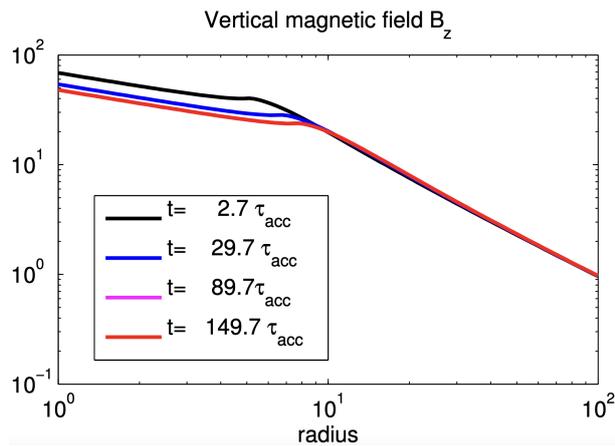


FIGURE 7 – Évolution du champ magnétique vertical dans le cas d'un jet dans les zones externe du disque. Les temps sont en temps d'accrétion aux bords externes du disque. La zone éjectante est à l'extérieur (pente importante en  $B_z$ ) et la zone standard dans les zones intérieures (pente plus faible). Le champ magnétique se maintient dans la zone éjectante, et augmente dans la zone standard : le jet s'étend à l'intérieur

La question du transport d'un champ magnétique dans les disque reste encore aujourd'hui un sujet de recherche actif.

## 2.2 Ingénierie de recherche : simulation de sources d'ions par résonance électronique cyclotronique

A la suite de ma thèse, j'ai travaillé deux ans au CEA Saclay. L'objectif était de simuler le plasma des sources d'ions léger obtenus par résonance électronique cyclotronique (sources ECR). Ce projet a été mené en partenariat avec l'entreprise Pantechnik, qui exploite un brevet du CEA et qui cherchait à mieux comprendre la formation du plasma dans ces sources pour essayer de les optimiser.

### 2.2.1 Contexte

Les sources ECR d'ions légers présentent des applications pour différents domaines : dans le médical pour la protonthérapie, en microélectronique, comme source d'ions pour les accélérateurs de particules ou encore pour la propulsion spatiale.

Le principe est simple : dans une enceinte basse pression, on produit un champ magnétique d'intensité contrôlée et on introduit une onde radio-fréquence à  $2.45\text{GHz}$  (la même fréquence qu'un micro-onde). Si le champ magnétique admet une valeur bien déterminée (845 Gauss), la fréquence de l'onde injectée est la même que la fréquence cyclotron des électrons et ceux-ci entrent en résonance. Le principe ainsi qu'un schéma d'une source ECR sont présentés figure 8. Les électrons en résonance entrent en collision avec les atomes de gaz dans l'enceinte, les ionisent ce qui crée un plasma. Les ions peuvent ensuite être extraits via un dispositif haute tension, et sont injectés par exemple dans la ligne d'accélération d'un accélérateur de particules.

#### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

- Détermination de la trajectoire d'un électron dans une source ECR. Calcul sans onde injectée, calcul du rayon et de la fréquence de larmor. Calcul avec onde injectée, mise en évidence d'une augmentation continue de l'énergie cinétique de l'électron et donc de la résonance. Présentation des applications d'une telle technologie.
- Mise en évidence de la réflexion d'une onde sur un plasma et contextualisation pratique. Si la fréquence de l'onde qu'on veut injecter dans l'enceinte est inférieure à la fréquence plasma, il y a une onde évanescente dans le plasma et l'onde est réfléchiée, elle ne peut pas pénétrer le plasma.

### 2.2.2 Résultats

L'objectif initial était d'utiliser un code type "particle in cell" et le cluster de calcul du centre de recherche de l'IRFU (institut de recherche des sciences fondamentales de l'univers). Mais malgré les capacités

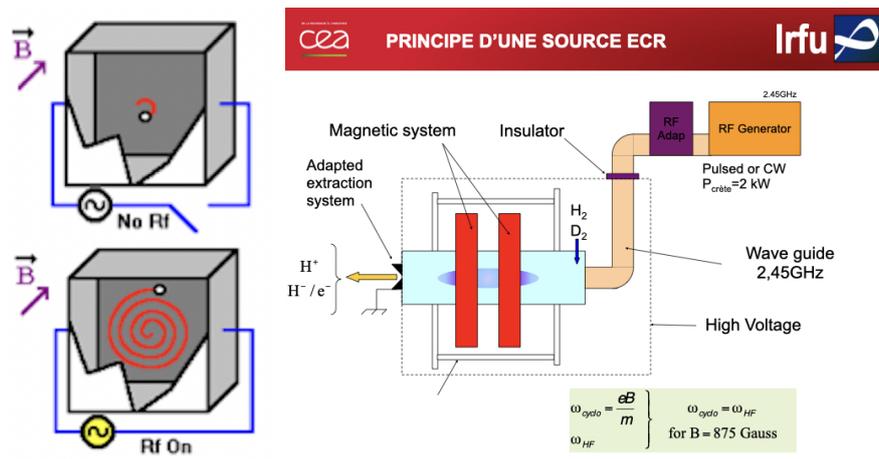


FIGURE 8 – **A gauche** : principe de la résonance électronique cyclotronique. **A droite** : principe d'une source ECR

conséquentes du cluster, simuler la naissance du plasma d'une source ECR n'était pas possible (la longueur de Debye de ces plasmas est très petite, et la dimension de l'enceinte d'une source ECR rend les calculs astronomiques). Il a donc été nécessaire d'écrire un nouveau code de calcul. Un résultat de simulation est présenté figure 9.

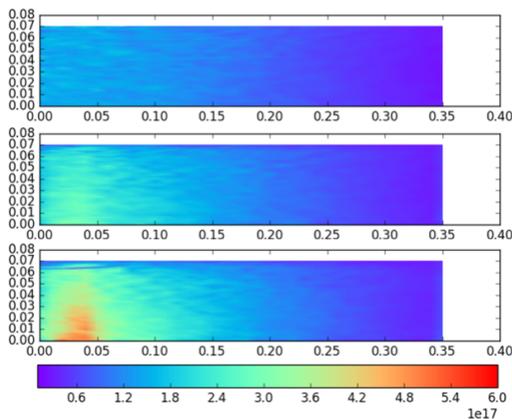


FIGURE 9 – Résultats d'une simulation du code développé. Le rectangle correspond à l'enceinte de la source, dimensions en mètres. En coloré la densité d'électron en  $m^{-3}$  à différents instants. Le chauffage des électrons initialement présents conduit à l'ionisation du gaz, ce qui augmente la densité d'électrons dans l'enceinte

### 3 Expérience d'entrepreneur : co-gérant de Leida Technologies

Entre 2017 et fin 2019, j'ai travaillé sur un projet de création d'entreprise à savoir Leida Technologies. Leida Technologie est une entreprise proposant des produits dans le domaine de la microscopie optique. Parmi les différents axes techniques suivis, le principal était le développement de sources de lumière pour la microscopie optique ainsi que des algorithmes de traitement d'images associés à ces sources.

Les sources de lumières développées sont basées sur l'illumination structurée : une matrice de LED pilotables individuellement en intensité et en couleur permettant très facilement (en un "clic") de passer d'un mode d'illumination à un autre. Pour plus d'informations voir <https://leida.fr/index.htm>.

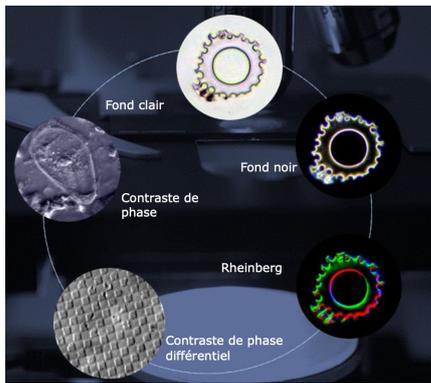


FIGURE 10 – Différents modes d'illumination accessibles à l'aide d'une source. En commandant via un microcontrôleur la source, on peut passer d'un mode à un autre. Ceci est particulièrement intéressant sachant qu'usuellement, de tels changements demandent de changer des pièces sur le microscope (passage d'un objectif fond clair à fond noir etc...)

### 3.1 Travail réalisé

Lors de la phase de maturation de l'entreprise (2017-2018), j'ai principalement travaillé sur la création d'un modèle de développement (business plan) pour l'entreprise ainsi que sur le développement d'algorithmes de traitement d'images. Le travail de développement économique s'est également accompagné de recherches de financement.

L'objectif était, à partir d'images de contraste de phase différentiel, d'opérer un traitement numérique pour extraire une image de phase quantitative des échantillons observés. En effet, en microscopie optique, beaucoup de structures d'intérêt sont transparentes (cellules en biologie par exemple) et il devient très intéressant de pouvoir les "voir" sans ajouter de marqueurs à l'échantillon, ce qui constitue un procédé intrusif donc potentiellement destructif.

J'ai pu aboutir à des algorithmes permettant des images de phases mais non quantitatives. J'ai quitté mes fonctions de co-gérant de Leida Technologies en décembre 2019.

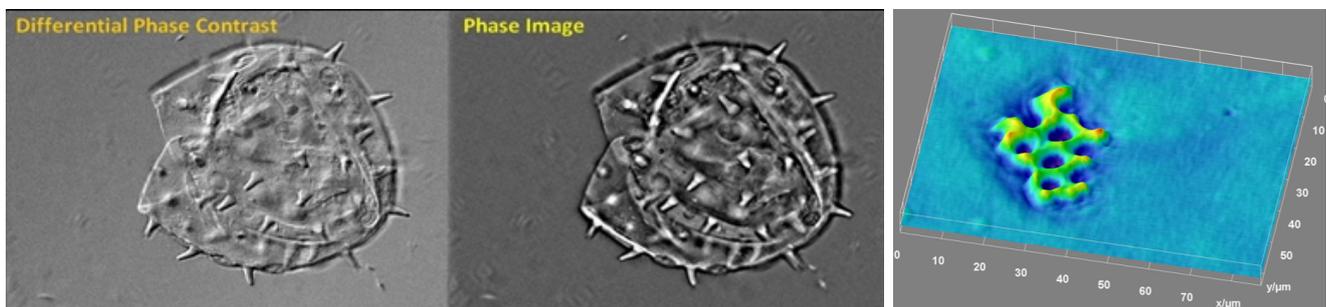


FIGURE 11 – **Partie gauche** : images d'un grain de pollen obtenues : en imagerie directe (contraste de phase différentiel), et en image de phase construite à partir d'images directes. **Partie droite** : image de phase en relief d'un fragment de radiolaire obtenue par reconstruction.

### 3.2 Lien avec l'enseignement

Cette expérience pourrait me permettre de transmettre à de futurs élèves les connaissances que j'ai acquises sur les entreprises de haute technologie. En effet, au lycée où en classe préparatoire, ceux-ci auront des choix à faire pour leur orientation et je crois que l'expérience dont j'ai bénéficié serait pertinente pour les aider. Cela permettrait de déconstruire certains stéréotypes liés à la recherche en entreprise et au monde de l'entreprise en général.

Concernant l'aspect disciplinaire, dans le cadre d'un cours sur les microscopes, une présentation des différents modes d'éclairage et leurs utilités ainsi qu'une contextualisation de l'usage de la microscopie optique. Insister sur le fait qu'en microscopie optique "conventionnelle", beaucoup de choses sont encore à faire contrairement aux idées reçues. Par exemple, le développement d'une méthode d'imagerie de phase robuste et rapide pourrait permettre de réaliser certains diagnostics médicaux dans les pays en développement (malaria par exemple) et permettrait d'améliorer la prise en charge des personnes.

## 4 Activités de formation et d'enseignement

### 4.1 Formateur au Campus Numérique in the Alps

J'ai été formateur pour le Campus Numérique in the Alps courant 2020. Le campus numérique est un organisme qui dispense des formations dans le domaine du numérique et dispose de centres à Grenoble, Valence, Chambéry et Annecy (informations sur <https://le-campus-numerique.fr/#>). Le campus fait appel à des intervenants pour créer du contenu et dispenser les formations pour des niveaux allant du pré-bac au master 2. J'ai été amené à travailler :

- Avec des apprentis techniciens développeurs. J'ai notamment travaillé sur la conception d'un module d'algorithmique (en python et javascript) et j'ai été leur formateur lors de ce module. J'ai été également tuteur pour certains de ces étudiants, comme référent campus numérique lors de leur période d'alternance en entreprise.
- Avec des docteurs en science en reconversion professionnelle vers les métiers de la donnée. Cette formation "Data+8" a été créée pendant mon passage au campus numérique et j'ai fait partie de l'équipe pédagogique qui a créé les contenus et dispensé les formations. J'ai notamment participé à la création et l'animation d'un module d'initiation à python pour l'analyse de données, ainsi qu'un module sur les tests d'hypothèses.
- Enfin, j'ai aussi travaillé sur le développement et l'animation d'une formation à destination d'autistes Asperger (Datasperger à Grenoble). L'objectif de cette formation était d'accompagner les apprenants en leur proposant un cadre et un contenu adaptés à leur spécificités : alternance télétravail et travail sur site, création d'un outil en ligne (moodle) avec les contenus pédagogiques. Ceci pour favoriser leur acquisition de compétences et les préparer à leur vie professionnelle.

Cette expérience m'a convaincu de m'orienter vers les métiers de la transmission.

#### Acquis pouvant être mobilisés pour l'exercice du métier d'enseignant

Les activités que je pourrais proposer sont directement liées avec les modules que j'ai animés. Je donne ici quelques idées :

- Initiation à python.
- Algorithmique : résolution d'un jeu du taquin en python, parcours de graphe, complexité des algorithmes de résolution.
- Analyse de données avec python. Prise en main des principaux outils de manipulation de données (numpy, panda) *via* l'utilisation d'un jeu de données opensource et traitements.
- Création de contenus d'apprentissage python via des interfaces en ligne.

### 4.2 Enseignant contractuel au lycée Ferdinand Buisson de Voiron

J'y ai enseigné la physique-chimie (première STI2D, 1STI2D) et l'enseignement scientifique (terminale) lors de l'année 2020-2021. Pendant cette année, j'ai notamment été en charge de l'enseignement scientifique (4 classes de terminale générale). Cela a représenté une charge de travail conséquente puisque c'était la première année que des terminales suivaient cette matière et il a fallu créer le contenu pédagogique. Avec les 3 classes de 1STI2D dont j'avais la charge, j'ai donc eu une première expérience de l'enseignement de la physique-chimie. Cette première expérience d'enseignement dans l'éducation nationale m'a convaincu de poursuivre dans cette voie et ainsi de préparer l'agrégation spéciale.

## 5 Compétences et motivations

La première des motivations qui m'a poussée à préparer l'agrégation spéciale, c'est ma passion pour la transmission de connaissance. J'ai à coeur de produire les contenus et messages justes pour faciliter la progression des apprenants et leur donner le goût d'apprendre. La qualité de l'enseignant étant la première pierre permettant à l'élève de découvrir ou progresser dans une discipline, celle-ci est irremplaçable pour permettre la construction disciplinaire des apprenants. En ce sens, mes expériences de formation et d'enseignement sont une force. J'ai déjà connu l'expérience de me retrouver "seul face à une classe". Je reste néanmoins conscient que le métier de professeur s'apprend pendant toute la vie d'enseignant, et cela fait aussi partie de ce qui me passionne.

C'est aussi mon goût pour les sciences qui ont guidé mon parcours jusqu'ici. La formation académique que j'ai suivie ainsi que mon travail de thèse m'ont permis de développer mes savoirs. Et mes expériences suivantes sont aussi allées dans ce sens, avec la chance d'avoir pu côtoyer des milieux très divers. Les élèves manifestent souvent un vif intérêt lorsque les savoirs transmis sont contextualisés, et en ce sens la diversité de mon parcours est une force. De plus, j'ai pu rencontrer des personnes dans des milieux professionnels très différents qui pourraient partager leurs expériences auprès des élèves pour les aider à s'orienter.

Mon expérience dans le numérique constitue un point positif car elle me permettrait de rapidement proposer des contenus pertinents aux apprenants.

Enfin j'ai à coeur de considérer les éventuelles spécificités des élèves pour les aider à mieux s'adapter au milieu scolaire dans lequel ils évoluent.

En résumé, je suis porté par la vocation d'enseigner, et suis prêt à m'investir avec passion dans le métier de professeur.