

# Master Physique & Physique Numérique

[Accueil](#) / [Mes cours](#) / [Master Physique & Physique Numérique](#) / [Projets numériques, stages et projet professionnel](#) / [Fiches de projets numériques](#) / [Affichage liste](#)

Désactiver l'édition des blocs

## Fiches de projets numériques

[Affichage liste](#) [Affichage fiche](#) [Rechercher](#) [Ajouter une fiche](#) [Exporter](#) [Modèles](#) [Champs](#) [Préréglages](#)

Fiches par page  Rechercher  Trier par

Recherche avancée

**Titre du projet:** Transfert d'état quantique sur des réseaux complexes de qubits  
**Semestre:** S7  
**Enseignant:** Saad Yalouz  
**Groupe d'étudiants concernés:** Guillaume Chaverot, Antoine Baudiquez et Salah-Eddine Boudaour  
**Domaine(s) scientifique(s) concerné(s):** Information, contrôle et optique quantique  
 Physique théorique  
 Systèmes dynamiques  
**Langage(s) de programmation envisagé(s):** Fortran 90

**Logiciel(s) scientifique(s) envisagé(s):** Librairie Lapack, Veusz, grace, gnuplot ...

**Description du projet (objectif, enjeux, tâches à réaliser):** Le but de ce projet est de se pencher à la fois théoriquement et numériquement sur un sujet d'importance en informatique quantique : le transfert d'état quantique à l'échelle nanométrique.

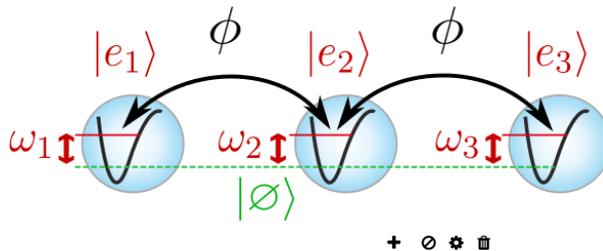
Pour traiter ce problème, une approche intéressante est celle de la marche quantique en temps continu (CTQW : Continuous Time Quantum Walk). Il s'agit ici d'un paradigme théorique dans lequel nous considérons "un marcheur" capable de se déplacer sur un réseau selon des lois spécifiques : celles de la mécanique quantique. L'idée est alors d'étudier comment ce même marcheur parvient à se propager d'un noeud initial A du réseau (où l'on encode par exemple de l'information), vers un noeud final B (où l'on souhaite transmettre cette information).

Ceci étant, votre travail va être d'étudier la dynamique quantique d'un système physique réaliste possédant toutes les propriétés requises d'une marche quantique : celui d'un exciton se déplaçant sur des réseaux moléculaires complexes. Vous devrez pour ce faire vous pencher sur la théorie fondamentale quantique, et réaliser après coup un code numérique en FORTRAN 90 permettant de simuler la dynamique de ce même système. Numériquement, deux chemins pourront être empruntés à votre guise, le premier impliquera une méthode "algébrique" et le second consistera en une approche plus "différentielle".

**Savoirs fondamentaux en physique à acquérir:** Dynamique quantique : Théorie de l'opérateur d'évolution, équation de Schrödinger, matrice densité ...

**Compétences numériques à acquérir:** Construire un code de dynamique quantique pour un système associé à un espace de Hilbert discret (Fortran 90), manipulation de routines issues de la librairie Lapack, représentation de données scientifiques à l'aide de logiciels spécifiques

**Image d'illustration:**



**Titre du projet:** Traitement numérique du bruit  
**Semestre:** S7  
**Enseignant:** François Vernotte  
**Groupe d'étudiants concernés:** Mbaye Gueye, Justin Loye, Damien Rajol  
**Domaine(s) scientifique(s) concerné(s):** Astrophysique  
 Calculs scientifiques, simulations, algorithmique  
**Langage(s) de programmation envisagé(s):** Autre  
**Logiciel(s) scientifique(s) envisagé(s):** Octave (clône gratuit de matlab), C  
**Description du projet (objectif, enjeux, tâches à réaliser):** Diverses méthodes numériques seront abordées pour caractériser le bruit qui perturbe les mesures. Elles seront ensuite appliquées à 3 problèmes différents, chacun de ces problèmes étant traité par un étudiant :
 

- électronique numérique pour la métrologie temps-fréquence
- estimation statistique du bruit des oscillateurs
- analyse des chronométrage de pulsars millisecondes.

**Savoirs fondamentaux en physique à acquérir:** Notions avancées de traitement du signal (autocorrélation, densité spectrale de puissance) et de statistiques (estimation bayésienne).  
**Compétences numériques à acquérir:** Transformation en z, filtrage numérique, programmation d'une carte "red pitaya"

Image d'illustration:

**Titre du projet:** Dynamique du centre galactique**Semestre:** S7**Enseignant:** Julien Montillaud**Groupe d'étudiants concernés:** Mathieu Curti, Gaëtan Daboval**Domaine(s) scientifique(s) concerné(s):** Astrophysique**Langage(s) de programmation envisagé(s):** Calculs scientifiques, simulations, algorithmique**Langage(s) de programmation envisagé(s):** Fortran 90**Logiciel(s) scientifique(s) envisagé(s):** Python**Description du projet (objectif, enjeux, tâches à réaliser):****Contexte :** Du fait de notre position dans le disque de la Voie Lactée, il est difficile de déterminer sa structure à grande échelle. C'est particulièrement le cas du centre de notre galaxie qui est fortement écranté par l'extinction de la poussière interstellaire. Celle-ci affecte essentiellement la lumière des étoiles (domaines visible et infra-rouge proche), et laisse l'émission radio du gaz moléculaire parvenir sans extinction jusqu'à l'observateur. Des informations essentielles sur la structure du centre galactique peuvent ainsi être extraites de l'observation des raies rotationnelles de la molécule CO. Grâce à l'effet Doppler, ces observations nous informe sur la vitesse radiale du gaz (vitesse projetée le long de la ligne de visée), révélant ainsi une partie de la dynamique du gaz.

Objectif : Étudier les liens entre la morphologie et la dynamique du centre galactique.

Tâches : Le projet consiste à développer un programme permettant le calcul de trajectoires de particules test dans un potentiel gravitationnel typique d'un centre galactique. Ce programme sera utilisé pour étudier quantitativement les familles de trajectoires possibles. Une analyse qualitative des résultats permettra d'identifier et d'interpréter les structures spatiales et en vitesse radiale observées à travers la raie rotationnelle J=1-0 de la molécule CO.

Objectif : Étudier les liens entre la morphologie et la dynamique du centre galactique.

Tâches : Le projet consiste à développer un programme permettant le calcul de trajectoires de particules test dans un potentiel gravitationnel typique d'un centre galactique. Ce programme sera utilisé pour étudier quantitativement les familles de trajectoires possibles. Une analyse qualitative des résultats permettra d'identifier et d'interpréter les structures spatiales et en vitesse radiale observées à travers la raie rotationnelle J=1-0 de la molécule CO.

**Savoirs fondamentaux en physique à acquérir:**

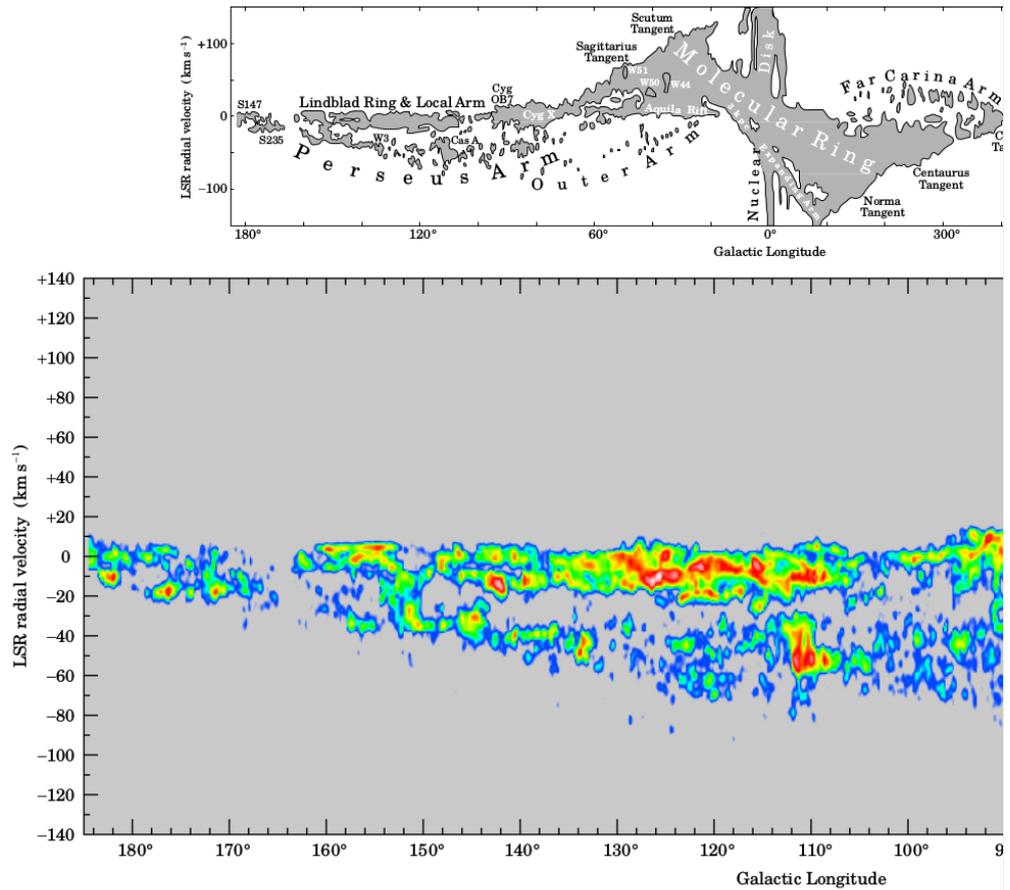
- Structure et dynamique d'un centre galactique
- Diagnostics observationnels en astrophysique

**Compétences numériques à acquérir:**

- Intégrateurs symplectiques
- Manipulation et représentation d'un jeu de données observationnelles

## Image

d'illustration:



**Titre du projet:** Classification par Deep Learning

**Semestre:** S8

**Enseignant:** David Cornu

**Groupe d'étudiants concernés:** ANTOINE BAUDIQUÉZ et MBAYE GUEYE

**Domaine(s) scientifique(s) concerné(s):** Calculs scientifiques, simulations, algorithmique

Big-data, traitement des données, des images ou du signal

**Langage(s) de programmation envisagé(s):** Fortran 90

Python

C++

**Logiciel(s) scientifique(s) envisagé(s):**

**Description du projet (objectif, enjeux, tâches à réaliser):** "If data had mass, the Earth would be a black hole" Stephen Marsland

De nos jours une quantité phénoménale d'information est générée et stockée. Que ce soit par les individus ou les services publiques ou encore les laboratoires de recherche, la vitesse de génération des données est bien plus élevée que notre capacité de traitement. On accumule ces données dans des espaces de stockages en espérant pouvoir les traiter un jour alors que de vieilles bases de données continuent de révéler certains de leurs mystères.

Dans ce contexte des Big Data, des méthodes de traitement rapide sont attendues. L'une des solutions efficace pour répondre à cette problématique est la branche algorithmique du Machine Learning qui permet d'établir des corrélations entre les données pour effectuer des tâches telles que : la régression, la prédiction de série temporelle, la compression, la classification ...

Ce projet a pour objectif d'introduire les concepts du machine learning puis de laisser les étudiant utiliser ces méthodes pour résoudre un problème usuel de classification sur des données libres.

Plan du projet :

- Compréhension des mécaniques du Machine Learning et des réseaux de neurones.
- Développement d'un Perceptron pour résoudre des problèmes de regression et de classification simple
- Développement d'un Multi-Layer Perception appliqué aux problèmes précédents.
- Application du MLP à des données choisies par les étudiants.

**Savoirs fondamentaux** Structures des bases de données de recherche et outils liés à leur manipulation.

**en physique à acquérir:** Comprendre les problématiques physique d'un jeu données d'entrée (précision, erreur, représentativité, ...) ainsi que leur origine, puis leur impact sur le traitement.

Comprendre le formalisme mathématique associé à la construction d'un réseau de neurones et en particulier la justification de son fonctionnement de manière statistique.

Comprendre les choix de modèles et les simplifications appliquées via leur justification théorique.

**Compétences**

**numériques à acquérir:**

Comprendre les erreurs numériques propres au traitement des jeux de données de grande taille.

Comprendre le fonctionnement des approches de machine learning (Supervisé, non supervisé, Renforcé, évolutionnaire)

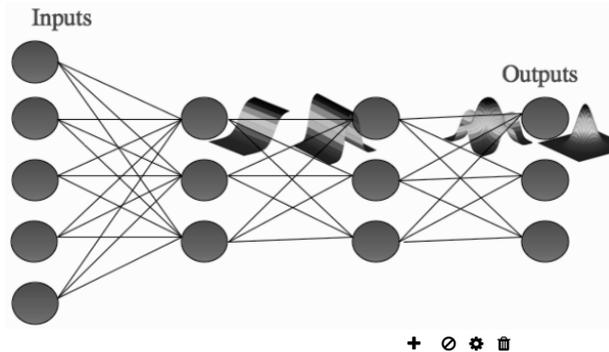
Programmation d'un réseau de neurones simple.

Comprendre l'impacte de la stratégie d'apprentissage sur le réseau de neurones, et les attentes théoriques qui correspondent.

Comprendre le fonctionnement des paramètres d'environnement d'un réseau de neurones et leur impact sur la capacité d'apprentissage, la vitesse de convergence, la fiabilité de la convergence, ...

(si efficaces) Programmation d'un réseau de neurones profond (Deep learning) simple (MLP)

**Image d'illustration:**



**Titre du projet:** Intégration symplectique de systèmes à N corps : le cas du système solaire

**Semestre:** S8

**Enseignant:** Jean-Marc Petit

**Groupe** Guillaume Chaverot, Mathieu Curti

**d'étudiants**

**concernés:**

**Domaine(s)** Astrophysique

**scientifique(s)** Systèmes dynamiques

**concerné(s):** Calculs scientifiques, simulations, algorithmique

**Langage(s) de** Fortran 90

**programmation** Python

**envisagé(s):**

**Logiciel(s)** Matplotlib, Rebound

**scientifique(s)**

**envisagé(s):**

**Description du** Le problème des N corps en interaction gravitationnelle est non-intégrable dès que N atteint 3. Le **projet (objectif,** système solaire entre bien évidemment dans cette catégorie, avec N de l'ordre de quelques **enjeux, tâches** unités si on étudie le mouvement des planètes, et pouvant monter à plusieurs centaines, milliers ou plus si on considère les populations de petits corps. En l'absence de solution analytique, les astronomes ont recours à des intégrateurs numériques pour étudier l'évolution des corps soumis à l'attraction gravitationnelle. Sur des temps court (petit nombre d'orbites), cela ne pose pas de problème particulier et de nombreuses méthodes très précises existent. Lorsqu'on s'intéresse à des durées de l'ordre de la vie du système solaire, ou même des quelques dizaines ou centaines de millions d'année qu'a duré la formation, ces intégrateurs ne suffisent plus car ils sont très gourmands en temps de calcul, et de plus ils ne préservent pas les invariants du problème. Entrent en scène les intégrateurs symplectiques. Ces derniers préservent la structure hamiltonienne des équations et peuvent même suivre exactement un problème asymptotiquement proche de celui étudié.

**Objectifs :** Étudier l'effet de la réversibilité temporelle ou non sur la stabilité à long terme. Étudier l'effet des erreurs d'arrondi. Comprendre comment choisir un pas de temps, tester des intégrateurs d'ordre élevé et voir leur bénéfices et inconvénients. D'une façon plus générale, développer un esprit critique sur les outils (boîtes noires) utilisées en physique numérique et mettre en place des protocoles de vérifications des dits outils.

**Tâches :** Programmer un intégrateur symplectique (Leap-frog). Implémenter une version réversible bit-à-bit par arithmétique entière. implémenter des intégrateur d'ordre plus élevé (4, 6) et étudier le gain obtenu. Un prototype sera réalisé en Python, puis une version de production sera réalisée en Fortran 90.

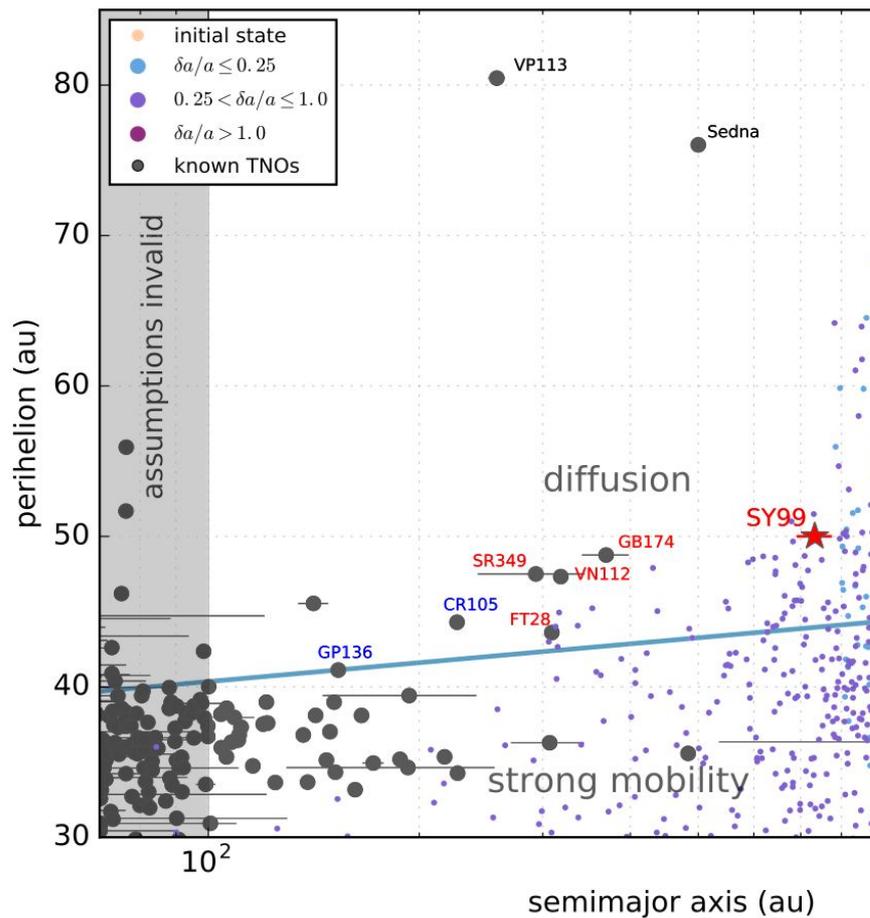
**Savoirs** Acquérir une bonne compréhension des systèmes à N corps avec un corps central massif.

**fondamentaux** Faire le lien entre le formalisme hamiltonien et le système physique.

**en physique à** Comprendre le fonctionnement des intégrateurs numériques, en particulier les intégrateurs **acquérir:** symplectiques.

**Compétences numériques à acquérir:** Utilisation commune de l'arithmétique entière et flottante.  
 Étude de la convergence, de l'ordre d'erreur, de la réversibilité théorique et pratique d'un intégrateur.  
 Développement de tests significatifs pour contrôler les résultats.

**Image d'illustration:**



**Figure 5.** Orbits of  $\sim 10^4$  particles after 4 Gyr (blue/purple dots), beginning in confined regions of the inner solar system. The change in  $\delta a/a$  after 4 Gyr are indicated by the color of the points (blue to purple). Diffusion, driven by Neptune migration, reaches the parameter space where we find 2013 SY<sub>99</sub> (red star) and other known extreme TNOs with extrapolated diffusion condition of  $\delta a/a = 1$  in 4 Gyr for  $i = 0^\circ-30^\circ$  (Duncan et al. 1987), a rough scattering orbits. At  $a < 100$  au, the assumptions for diffusive behavior become invalid (shaded region). Strong motion resonances with Neptune (blue labels).



**Titre du projet:** Diffusion de la chaleur dans une barre d'acier  
**Semestre:** S8  
**Enseignant:** Vincent Ballenegger  
**Groupe d'étudiants concernés:** Damien RAJOL, Justin LOYE  
**Domaine(s) scientifique(s) concerné(s):** Matière condensée, matériaux, milieux complexes  
 Calculs scientifiques, simulations, algorithmique  
**Langage(s) de programmation envisagé(s):** Fortran 90  
 Python  
**Logiciel(s) scientifique(s) envisagé(s):** Veusz, Comsol multiphysics

**Description du projet Enjeux et objectif****(objectif, enjeux, tâches à réaliser):**

Les équations aux dérivées partielles interviennent dans la modélisation de nombreux phénomènes physiques. Diverses méthodes peuvent être utilisées pour les intégrer numériquement: méthode des différences finies, méthode des éléments finis, ou encore méthode spectrale. Dans ce projet, nous étudierons la diffusion de la chaleur dans une barre d'acier cylindrique chauffée à une extrémité. Un tel dispositif est disponible et pourra être utilisé pour réaliser des mesures expérimentales. L'objectif du projet est d'écrire un programme pour modéliser numériquement, aussi précisément que possible, la diffusion de la chaleur dans la barre. Le programme utilisera la méthode des différences finies mais des comparaisons pourront être faites avec la méthode des éléments finis.

**Tâches à réaliser**

## 1) Diffusion unidimensionnelle

- Ecrire un programme résolvant l'équation de la diffusion en 1 dimension par la méthode des différences finies selon différents schémas d'intégration (méthode explicite, implicite, schéma de Crank-Nicholson). Une ou plusieurs méthode(s) de résolution de systèmes d'équations linéaires devront être mise en oeuvre
- Étudier la stabilité de l'intégration numérique.
- Mettre en évidence l'ordre des erreurs

## 2) Diffusion dans une barre cylindrique

- Comprendre comment discrétiser l'équation de la diffusion dans un repère cylindrique (traitement du facteur divergent  $1/r$  en  $r=0$  ?)
- Ecrire un programme pour calculer la diffusion de la chaleur dans une barre d'acier cylindrique
- Comparer les résultats avec des mesures expérimentales.
- Améliorer la simulation en modélisant au mieux les pertes thermiques.
- Comparer les résultats obtenus avec la méthode des différences finies avec ceux de la méthode des éléments finis implémentée dans le logiciel Comsol Multiphysics. Identifier des avantages/désavantages associés à ces deux méthodes.

**Savoirs**

- Modélisation d'un phénomène de diffusion

**fondamentaux en physique à acquérir:**

- Pertes thermiques par radiation, par convection, par diffusion

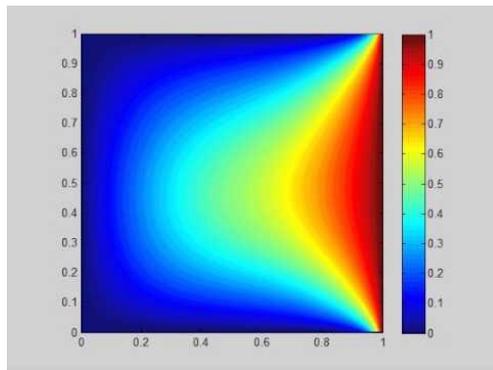
- Comparaison avec des mesures expérimentales et des résultats analytiques exacts pour identifier les points faibles de la modélisation

**Compétences numériques à**

- Intégration d'une équation aux dérivées partielles par la méthode des différences finies.

**acquérir:**

- Schéma explicite ou implicite
- Discrétisation dans un repère non cartésien
- Méthodes de résolution de systèmes d'équations linéaires
- Adimensionnement
- Étude de la stabilité, de la convergence et de l'ordre d'erreur
- Conditions aux limites de Dirichlet, de Neuman et de Robin

**Image d'illustration:**

Tout sélectionner

Annuler la sélection

Supprimer les éléments sélectionnés

Exporter vers le portfolio

[Documentation Moodle pour cette page](#)

Connecté sous le nom « DAVID VIENNOT » (Déconnexion)

[Master P2N](#)

[Français \(fr\)](#)