

# Épreuve de mise en perspective didactique d'un dossier de recherche

Agrégation de physique chimie option physique

Laura Ferraris-Bouchez



# Parcours

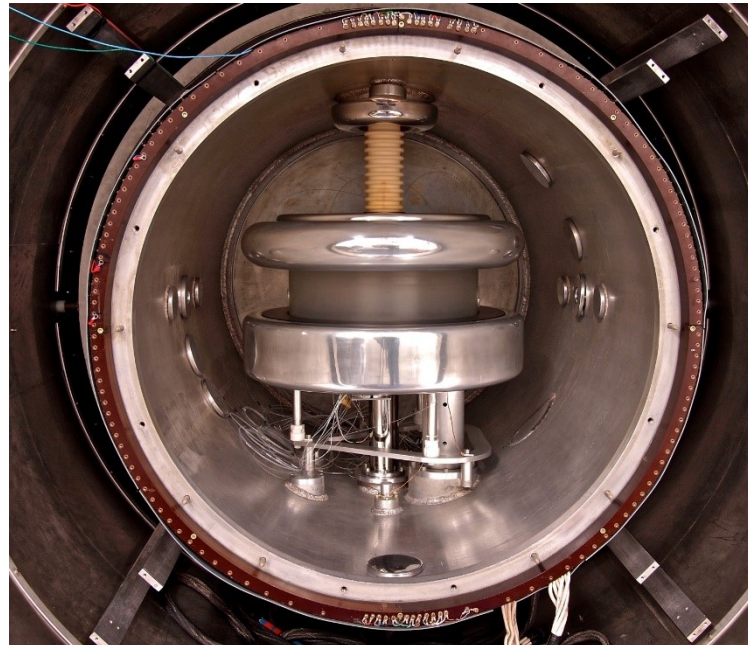




2010	<b>Baccalauréat</b> S SVT, spécialité mathématiques	Lycée Pierre-Termier, Grenoble
2010 – 2012	Première Année Communes aux Études de Santé (PACES)	Université Joseph Fourier, Grenoble
2012 – 2015	<b>Licence</b> (L1, L2, L3) de Physique	Université Joseph Fourier, Grenoble
2015 – 2016	Master (M1) Physique fondamentale	Université Grenoble Alpes
2016 – 2017	<b>Master</b> (M2) Physique subatomique et cosmologie	Université Grenoble Alpes
2017 – 2020	<b>Doctorat</b> , direction de Guillaume Pignol Mesure du moment dipolaire électrique du neutron : correction de l'effet systématique du champ fantôme	Université Grenoble Alpes, Laboratoire de Physique Subatomique et Cosmologie
2020 – 2021	Master (M2) Physique fondamentale et applications	Université de Rennes 1



# Travaux de recherche

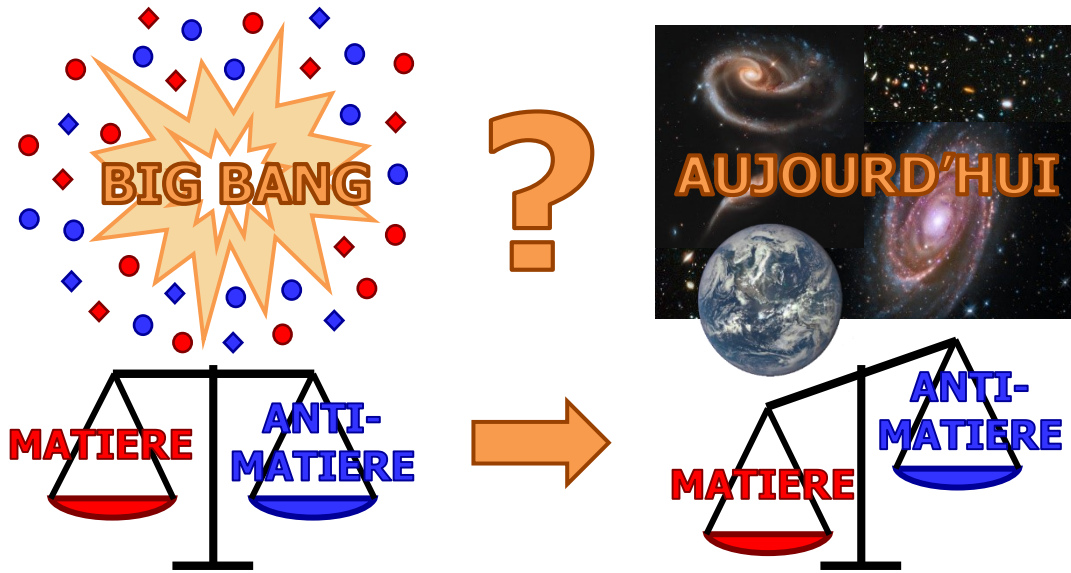


# Travaux de recherche

## Contexte



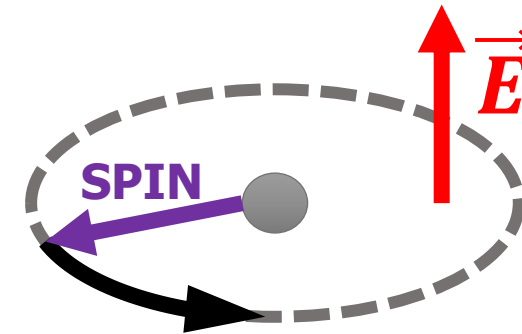
4



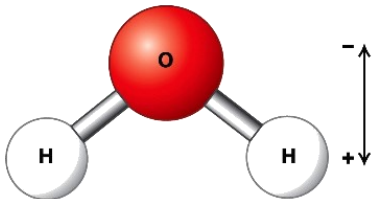
NÉCESSAIRE

Observables violant  $T$ ,  
symétrie de renversement du temps

**EDM des particules fondamentales**



**Moment Dipolaire Electrique (EDM) :**



- Distance entre les centres des charges + et -
- Interaction avec champ électrique  $H = -\vec{d} \cdot \vec{E}$
- Couplage spin / champ électrique  $\hat{H} = -d\hat{\sigma} \cdot \vec{E}$

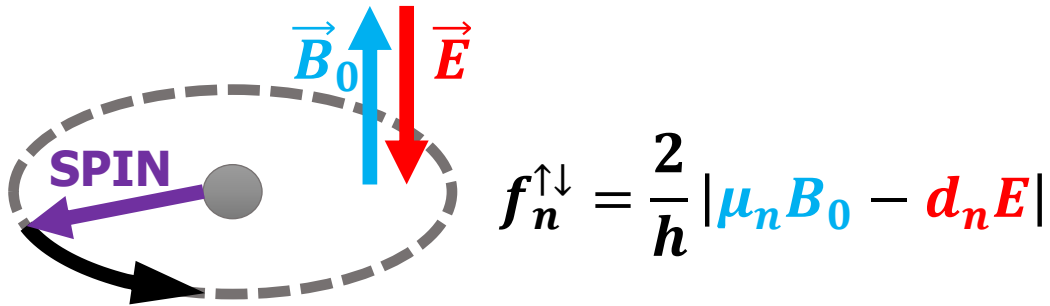
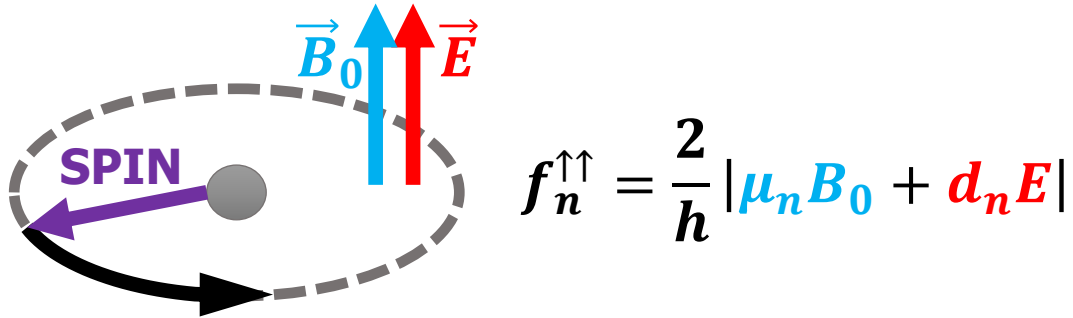


# Travaux de recherche

## Problématique

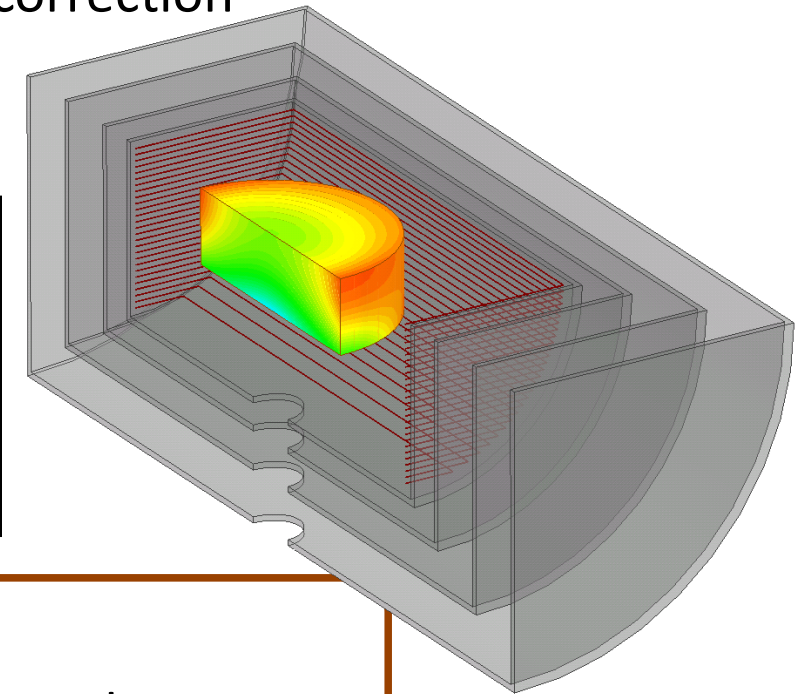
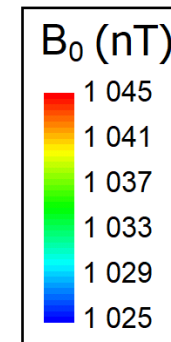


### Principe de mesure



### Génération du champ magnétique

- Bobine  $B_0 \rightarrow 60\%$
  - Blindage mu-métal  $\rightarrow 40\%$
  - 30 bobines de correction
- $$\left. \begin{array}{l} \bullet \text{ Bobine } B_0 \rightarrow 60\% \\ \bullet \text{ Blindage mu-métal } \rightarrow 40\% \end{array} \right\} \frac{\delta B_0}{B_0} \sim 10^{-3}$$



**Objectifs :** Caractériser les inhomogénéités de champ magnétique

Propager les incertitudes sur la mesure du moment dipolaire électrique du neutron



### Mesure du champ magnétique

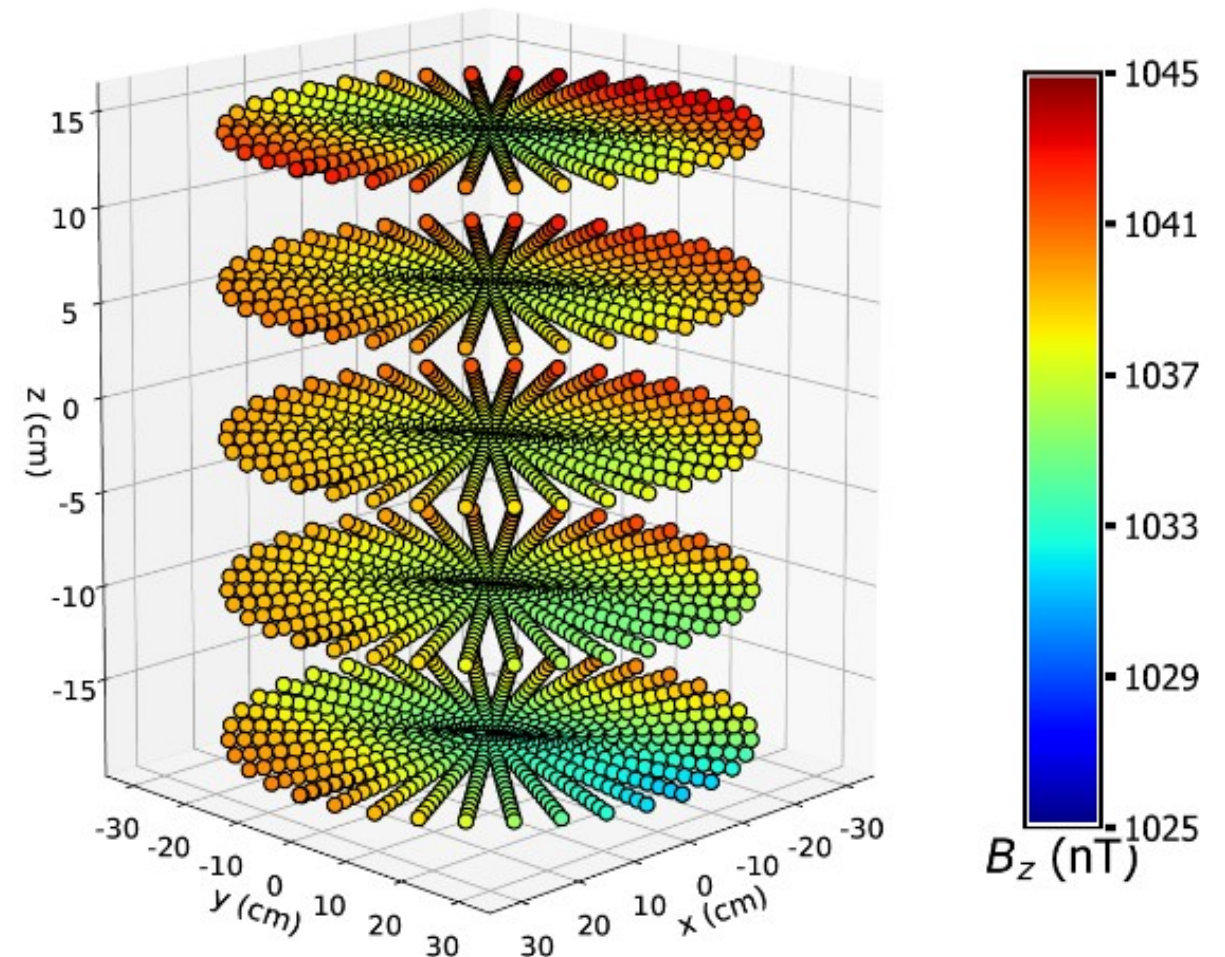
- Cartes 3D de mesures vectorielles
- Magnétomètre à retour de flux

### Décomposition du champ

- Solution des équations de Maxwell
- Issue des harmoniques sphériques

$$\vec{B}(\vec{r}) = \sum_{l \geq 0} \sum_m \mathbf{G}_{l,m} \vec{\Pi}_{l,m}(\rho, \varphi, z)$$

$\mathbf{G}_{l,m} \rightarrow$  gradients généralisés



# Compétences acquises pour l'enseignement





## Magnétisme

- Production
  - Champ magnétique homogène (Helmholtz)
  - Gradients (Helmholtz inversées)
- Mesure
  - Fréquence de précession de Larmor
  - Lien flux magnétique/courant
- Matériaux ferromagnétiques
  - Cycle d'hystérésis
  - Champ rémanent
  - Démagnétisation

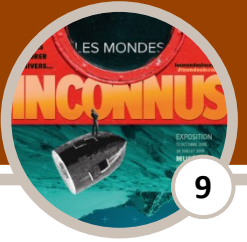
## Incertitudes

- Statistiques / systématiques
- Identification des sources
  - Reproductibilité de l'expérience
  - Répétabilité de la mesure
- Propagation
  - Indépendance / corrélation
  - Ajustement par minimisation de  $\chi^2$

## Méthode du $\chi^2$

- Hypothèses de validité
- Réalisation numérique
- Calcul matriciel

# Compétences acquises pour l'enseignement Transverses



## Numériques

- Programmation orientée objet
  - Python, C++
- Visualisation de données
- Logiciels de simulation
- Calcul formel (Mathematica)

## Gestion de projet

- Planification à long terme
- Gestion du temps et des échéances
  - Priorisation des tâches
  - Choix
- Travail en équipe

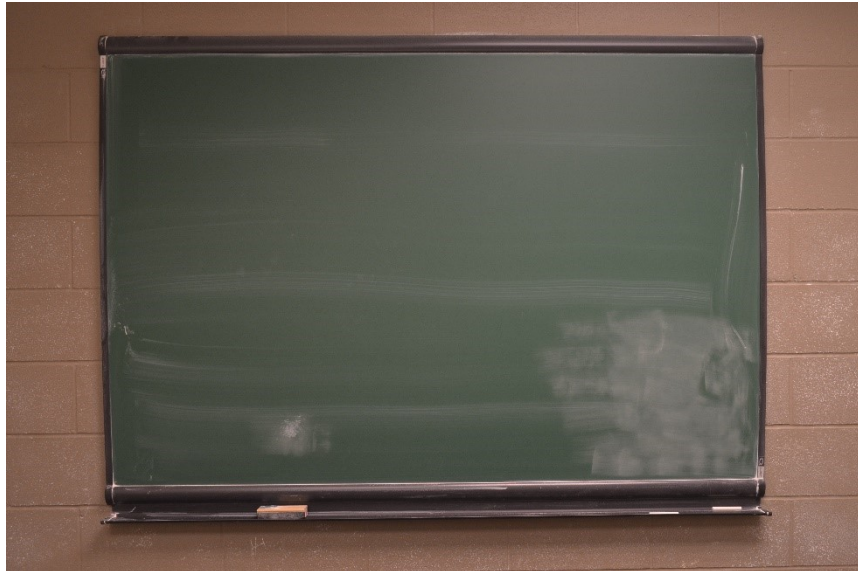
## Communication et valorisation

- Raconter une histoire
  - Synthèse des points importants
  - Illustrations
- Rédaction manuscrit et articles
- Conférences internationales
- Exposition Muséum de Grenoble

## Langue et ouverture culturelle

- Anglais
- Séminaires et conférences

# Activités d'enseignement et formations





## Mécanique du point (L1 Sciences pour l'ingénieur)

- 12h de travaux dirigés
- 16h de travaux pratiques
- Cinématique, forces et lois et Newton, frottements, énergies cinétique et potentielle

## Probabilités, statistiques (2<sup>ème</sup> année IUT Mesures Physiques)

- 56h (4 x 14h) de travaux dirigés
- Dénombrement, probabilités, variables aléatoires, loi binomiale, Poisson, uniforme et normale
- Estimation, intervalles de confiance
- Tests d'hypothèses (moyenne et  $\chi^2$ )

## Analyse de données (ESIPAP, école du CERN)

- 3h de cours magistral
- Théorie des probabilités, lois statistiques, estimateurs, tests statistiques

### Formations

- Encadrer efficacement des TD (7h)
- Évaluer les apprentissages des étudiants (4h)
- Se développer dans son métier d'enseignant (12h)





**Merci !**

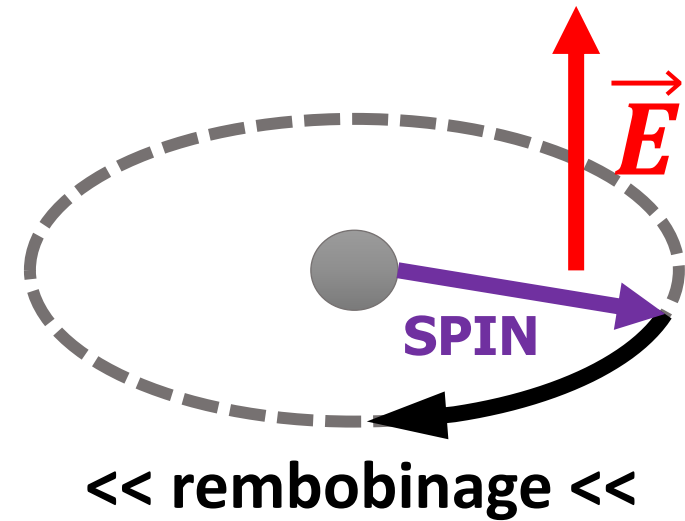
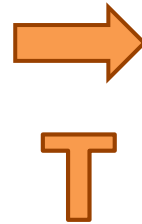
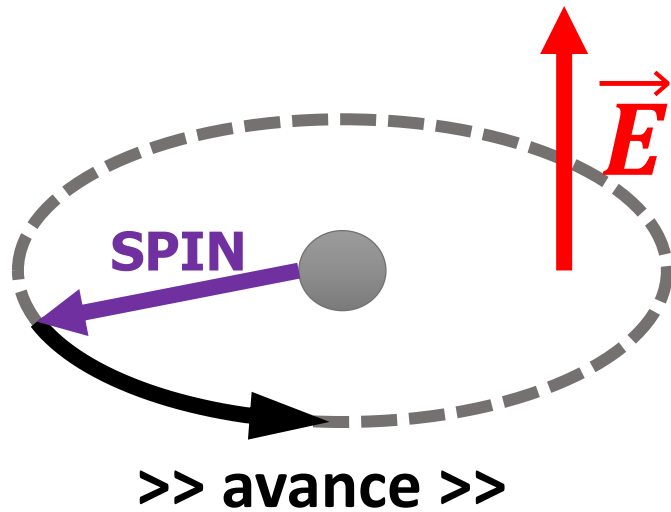


# Questions

## Effet de la symétrie $T$ sur l'EDM



13



# Questions

## Différence reproductibilité/répétabilité



14



**Groupe de cartes**



**Carte de champ  $B_0$  up**



**Carte de champ  $B_0$  down**



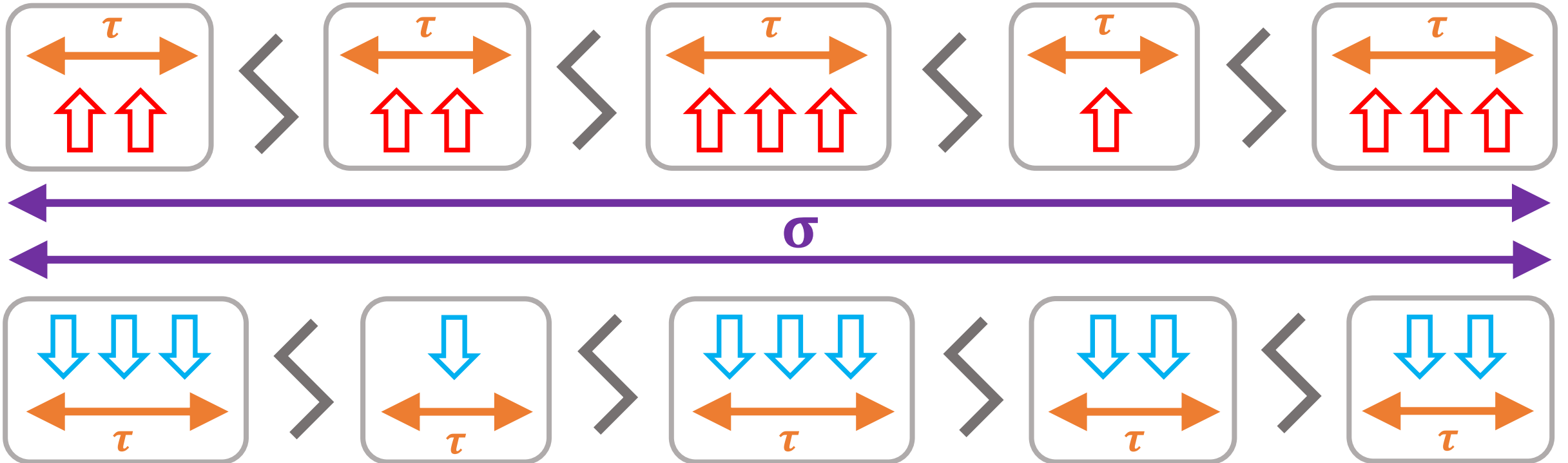
**Démagnétisation**

$\tau$

**Répétabilité des cartographies**

$\sigma$

**Reproductibilité du champ**

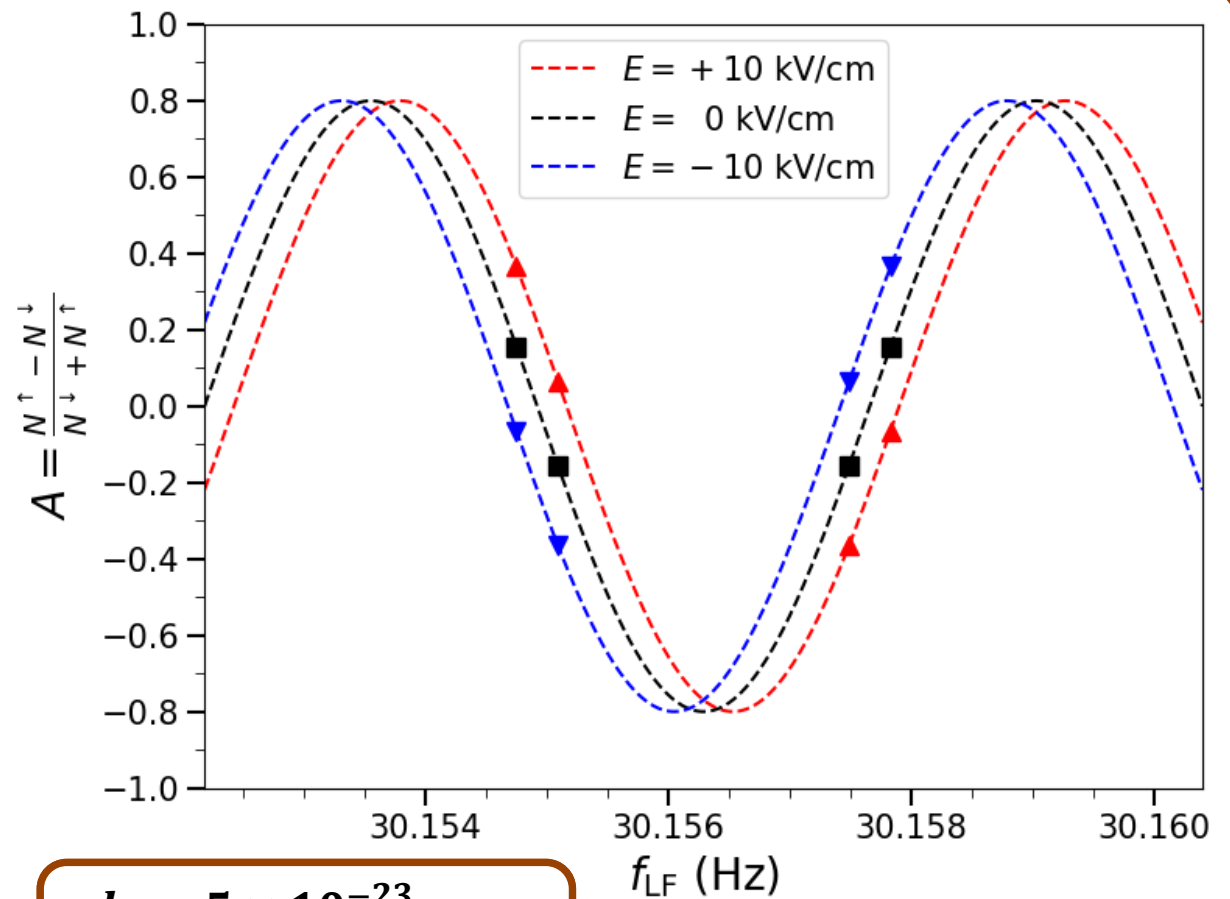
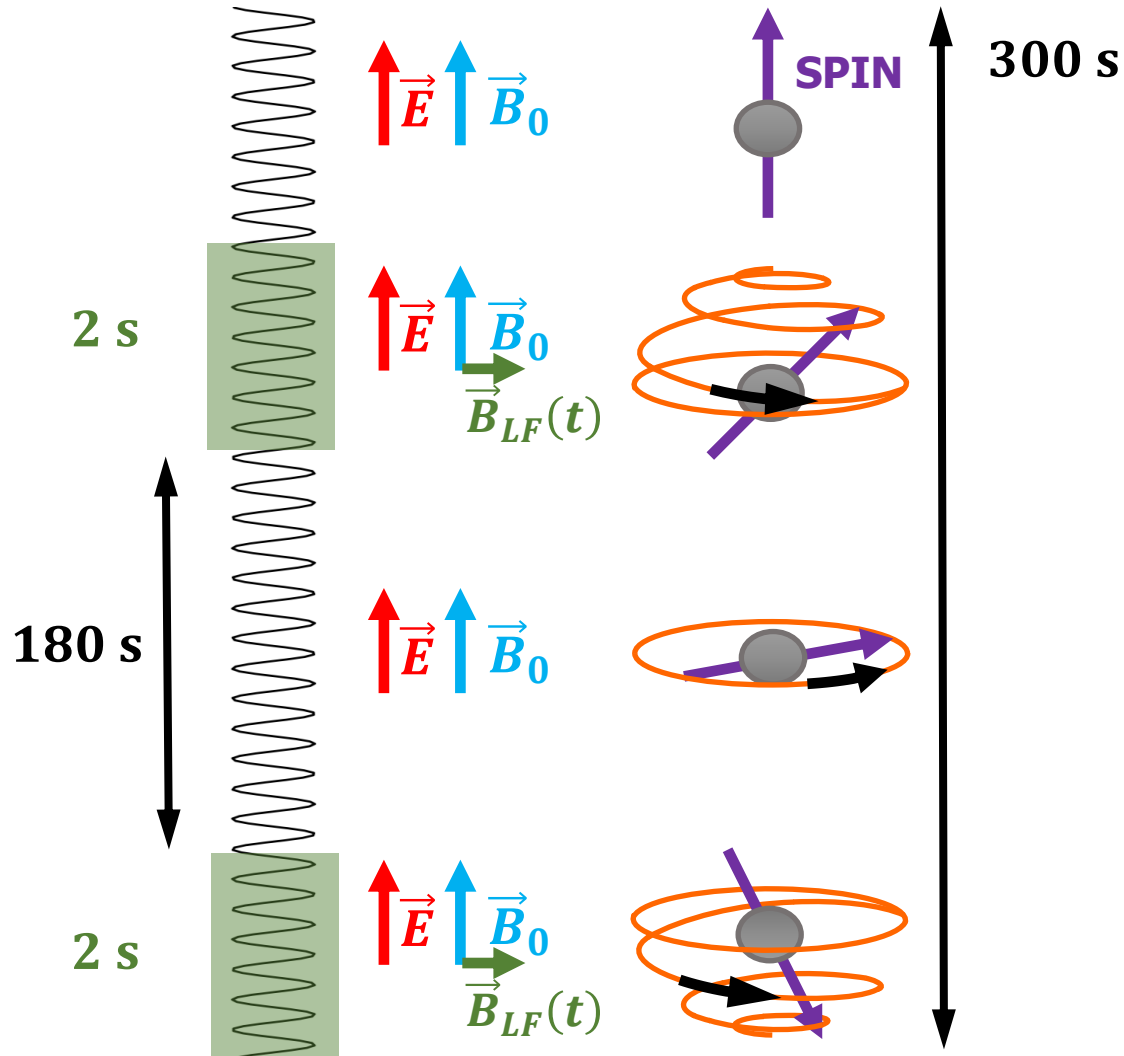


# Questions

## Principe de mesure de l'EDM du neutron



15



$$d_n = 5 \times 10^{-23} \text{ e cm}$$
$$B_0 = 1034 \text{ nT}$$

# Questions

## Fluctuations temporelles du champ magnétique



16

