

# 1. Principe du simulateur SPECTROSIM

**Objectif** : faire comprendre le principe de l'interaction lumière-matière qui est mis en œuvre dans une horloge atomique.

- Manipuler les principaux paramètres caractéristiques d'une horloge atomique.
- Comprendre leur influence sur le signal et sur la stabilité de l'horloge.

**Le simulateur :**

- peut être opéré selon les principes de Rabi ou Ramsey ;
- et permet de visualiser l'influence :
  - des durées d'interaction,
  - du bruit de détection,
  - d'une distribution probabiliste des durées d'interaction.

## 2. Structure de l'interface graphique

Saisie des paramètres (par clavier ou curseur)

Choix de dynamique Rabi ou Ramsey

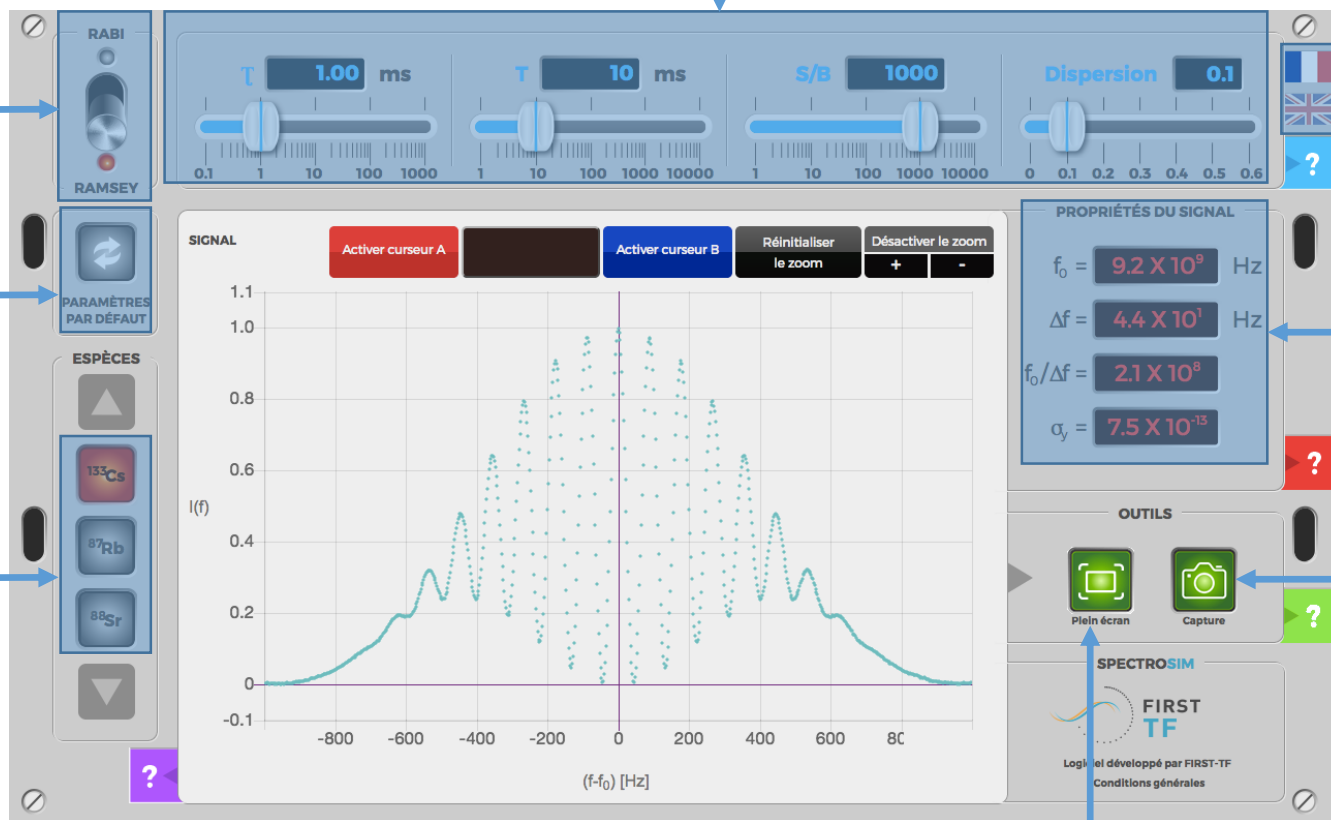
Remise de tous les paramètres aux valeurs initiales

Choix de l'espèce atomique

Choix de la langue

Quelques propriétés du signal affiché

Possibilité de faire des captures du signal actuel

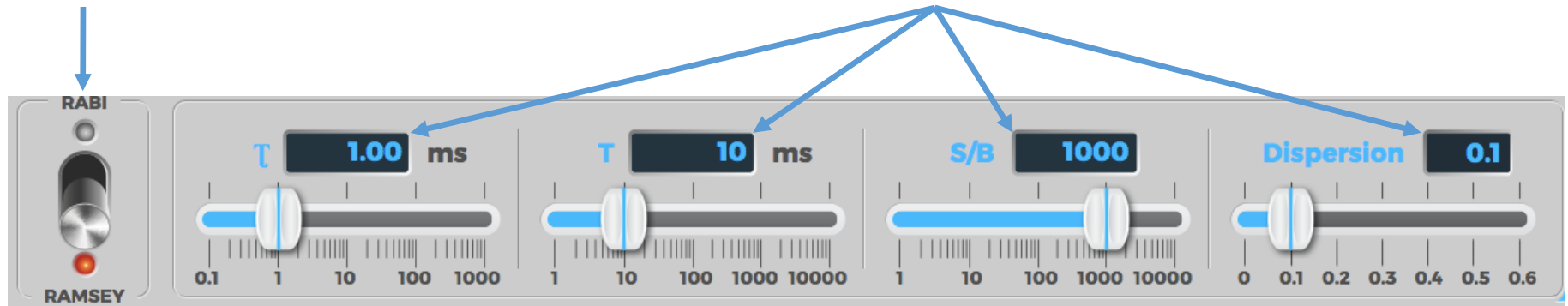


Mode plein écran

### 3. Saisie des paramètres

Cliquer pour changer entre modes Rabi et Ramsey

Cliquer dans les champs pour la saisie par clavier



$\tau$  : temps d'une interaction entre le champs et l'atome

$T$  : temps mort entre deux interactions (en mode Ramsey uniquement)

S/B : rapport signal sur bruit

Dispersion : ce paramètre estime la largeur relative d'une distribution pseudo-thermique des temps d'interaction.

**NB : Le logiciel permet aussi la saisie des paramètres qui ne correspondent pas à une situation réaliste.**

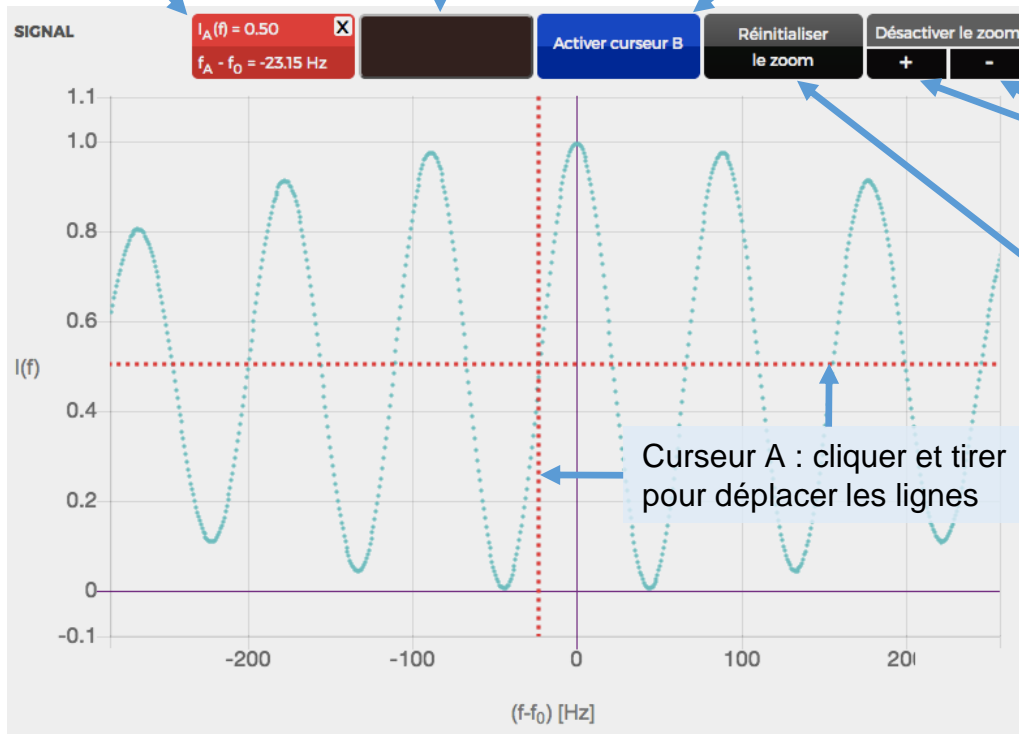
<http://www.first-tf.fr/spectrosim/>

## 4. Affichage du signal

Coordonnées du curseur A  
(cliquer pour enlever le curseur)

Différences des  
coordonnées de A et B

Cliquer pour activer  
le curseur B



Permet de désactiver  
le zoom, s'il gêne le  
comportement

Zoom logarithmique  
« + » =  $x^2$   
« - » =  $\sqrt{x}$

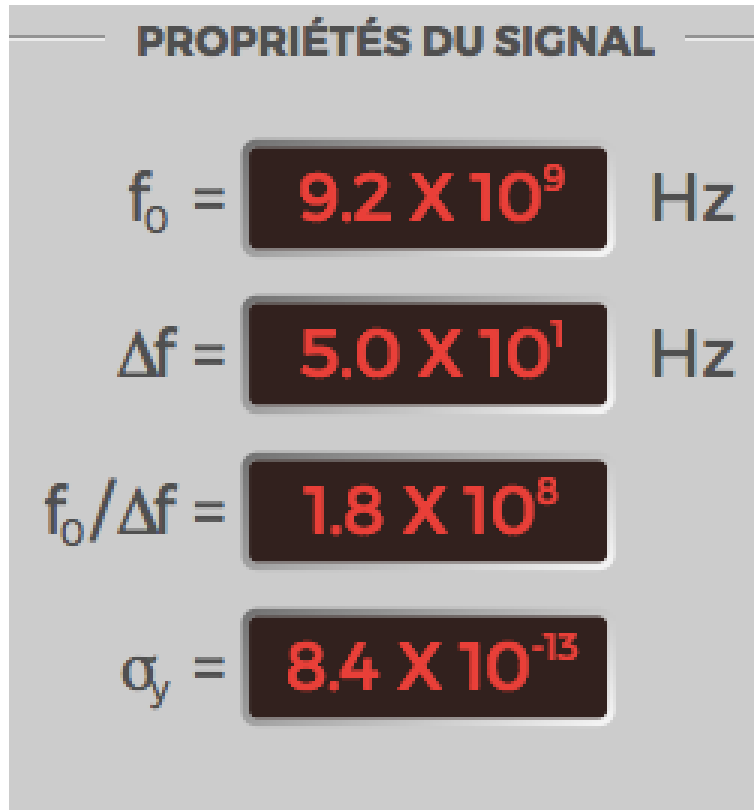
Remet le zoom  
à sa valeur initiale

Signal  
= taux de  
transition

Curseur A : cliquer et tirer  
pour déplacer les lignes

Différence entre la fréquence de résonance atomique et la fréquence de l'onde électromagnétique

## 5. Les paramètres d'évaluation



$f_0$  : fréquence de résonance de l'atome sélectionné

$\Delta f$  : largeur de la raie ou de la raie centrale en mode Ramsey

$f_0 / \Delta f$  : facteur de qualité  $Q$

$\sigma_y$  : quantité qui donne une mesure de l'amplitude moyenne des fluctuations de fréquence d'un oscillateur stabilisé sur la raie dans cette configuration

## 6. Limites de la simulation

Le simulateur calcule les signaux en utilisant un modèle fondé sur plusieurs simplifications :

- On estime que la fréquence centrale coïncide toujours avec la fréquence de résonance de l'atome. En réalité, des perturbations, telles que des champs magnétiques parasites, peuvent entraîner des écarts systématiques.
- Les atomes sont modélisés comme des atomes à deux niveaux d'énergie. En réalité, de nombreux autres niveaux sont toujours présents dans la structure énergétique d'un atome. La présence d'un troisième niveau d'énergie peut être négligée si la largeur de raie du signal est petite devant l'écart entre chacun des deux niveaux et le troisième niveau, ce qui est habituellement le cas dans une horloge atomique.