

# Réaliser des mesures en extérieur avec un aimant unilatéral : Comment s'affranchir des biais de mesure RMN dus aux variations de température

Abdlatif Benmoussa<sup>1,2</sup>, Nuix Magali<sup>1,2</sup>, Bonny Jean-Marie<sup>1,2</sup>, Pagès Guilhem<sup>1,2</sup>, Traoré Amidou<sup>1,2</sup>

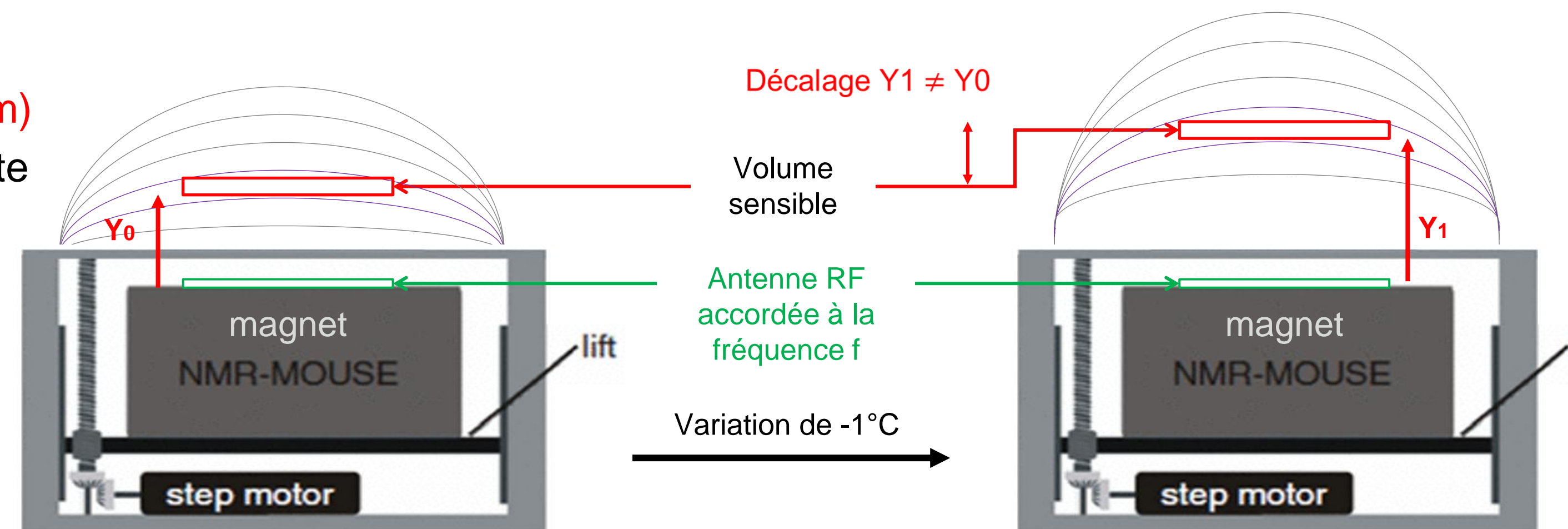
<sup>1</sup>INRAE, QuaPA, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup>INRAE, AgroResonance facility, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

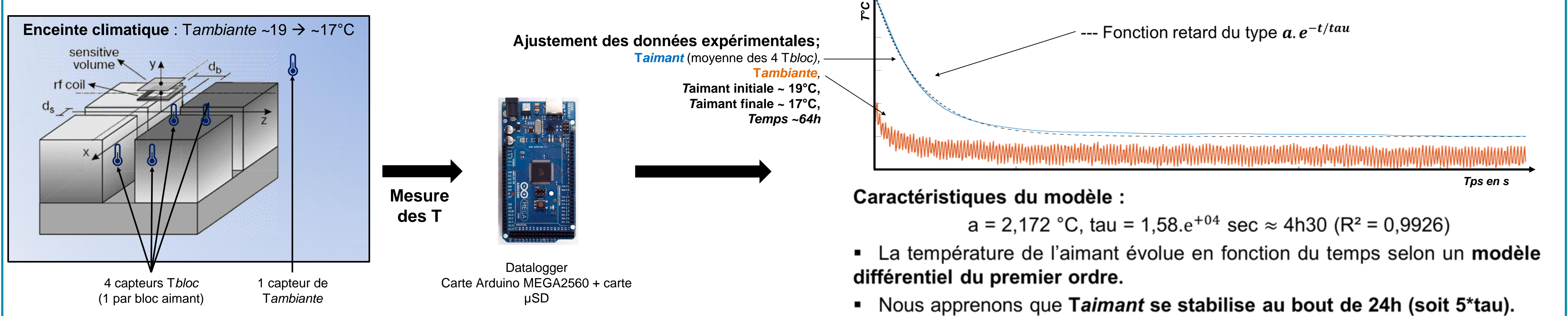
Ces dernières années, des capteurs IRM portables ont été développés. Pour les rendre portables, le champ magnétique de l'appareil (et donc sa sensibilité) a été fortement diminué. Un de ces appareils, le NMR-MOUSE, est un capteur unilatéral dont la configuration permet l'enregistrement du signal dans une coupe de quelques dizaines de micromètres d'épaisseur à l'extérieur de l'aimant. Le déplacement précis de l'aimant permet alors de choisir la profondeur de mesure. **Toutefois, il est indispensable de s'assurer que cette position de mesure ne varie pas**, ce qui n'est pas le cas pour des mesures en extérieur à cause de la variation thermique de l'aimant. C'est pourquoi, pour les mesures *in-situ*, une démarche a été développée afin de conserver la même coupe d'intérêt quelle que soit la température de l'aimant.

## D'où vient le biais sur la profondeur de mesure RMN ?

- Lignes de champs  $B_0$  (tesla)  $\Leftrightarrow$  Fréquence de Larmor  $f$  (Hz)  $\Leftrightarrow$  Position spatiale  $Y$  ( $\mu\text{m}$ )
- Le signal RMN détecté ne provient plus de la coupe initiale mais d'une coupe adjacente
- Variation de  $1^\circ\text{C}$ 
  - distorsion du champ  $B_0$
  - décalage spatial de l'ordre de quelques  $\mu\text{m}$

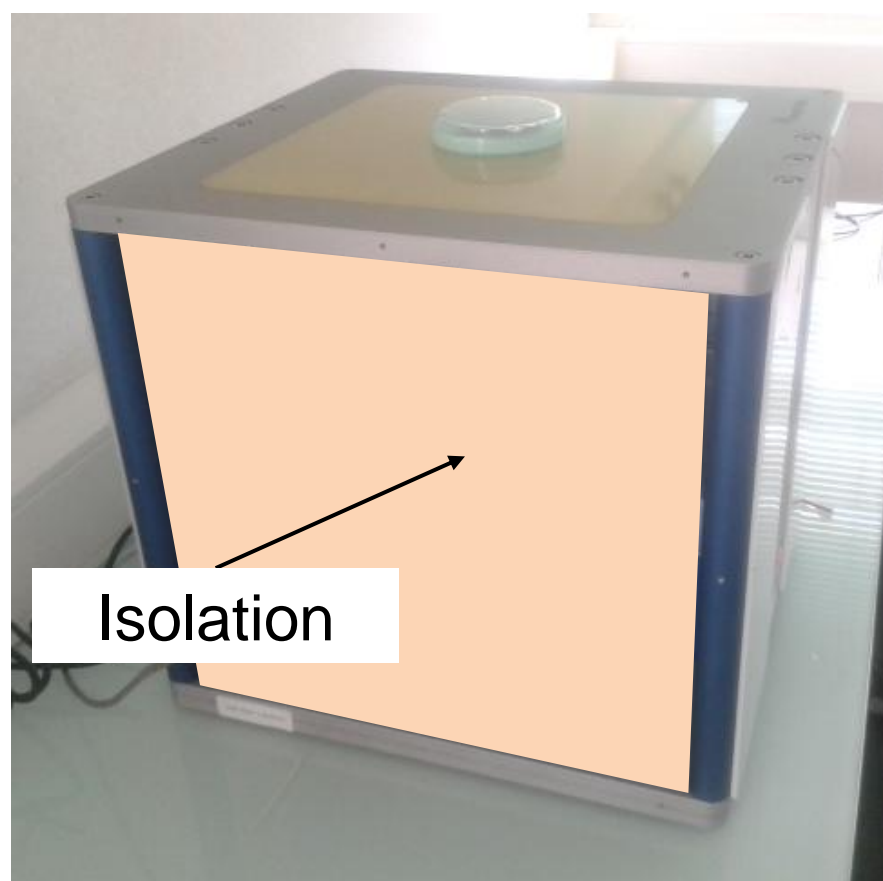


## Comment se comporte l'aimant sous l'effet d'une variation de T ?

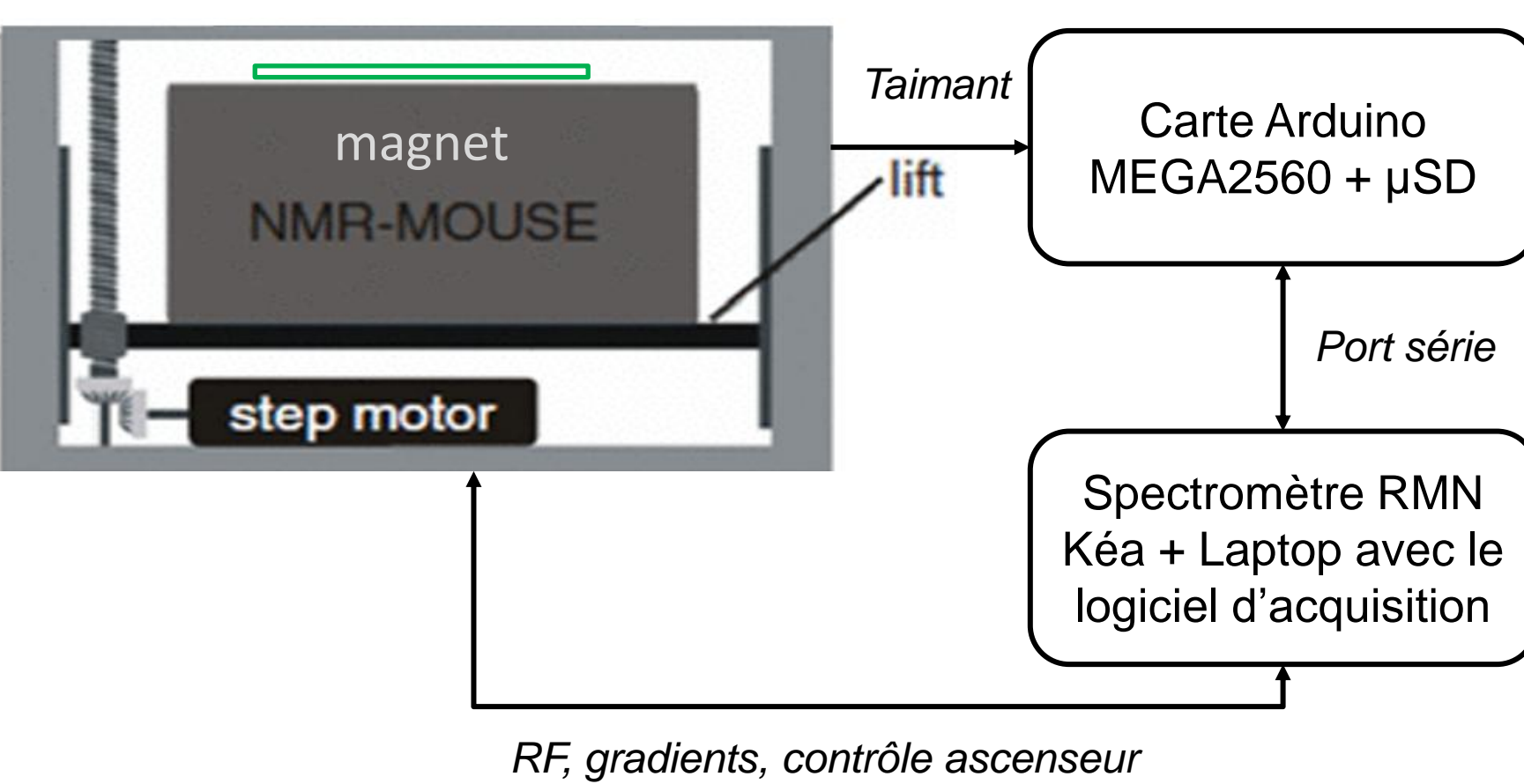


## Comment s'affranchir de ce biais ?

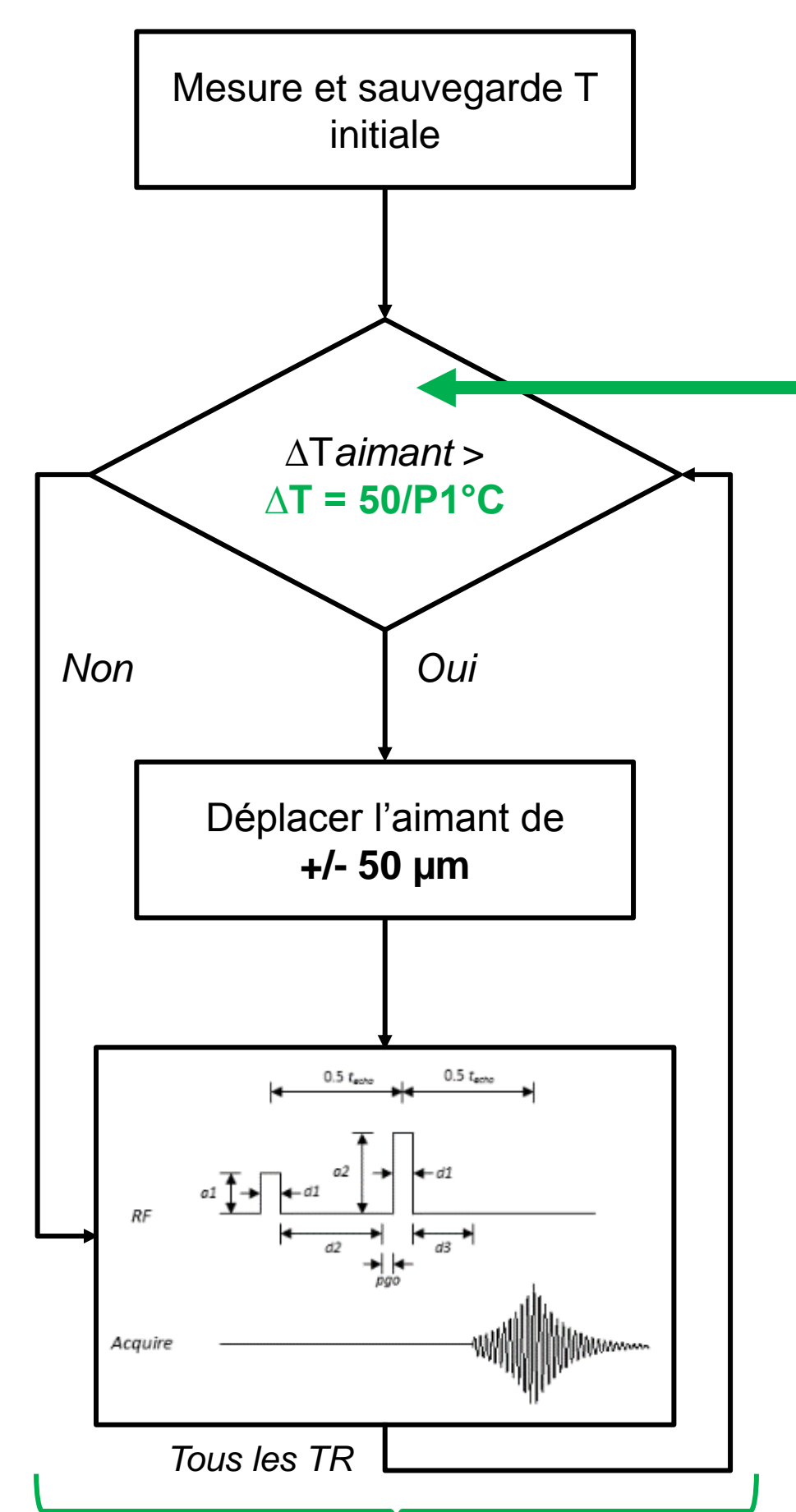
- 1) **Isoler** l'aimant à l'aide de cloisons en polystyrène extrudé de 4 cm d'épaisseur diminue l'effet de la *Tambiante*, l'aimant mettra **plus longtemps** pour intégrer une variation de  $1^\circ\text{C}$ .



- 2) **Rétroagir** sur la position de l'ascenseur en fonction de la *Taimant*, comme l'illustre le **schéma fonctionnel** ci-dessous. Pour cela, il nous faut déterminer  $\Delta T$  la variation de *Taimant* qui implique une variation de  $50 \mu\text{m}$  sur la profondeur (pas minimum de l'ascenseur).

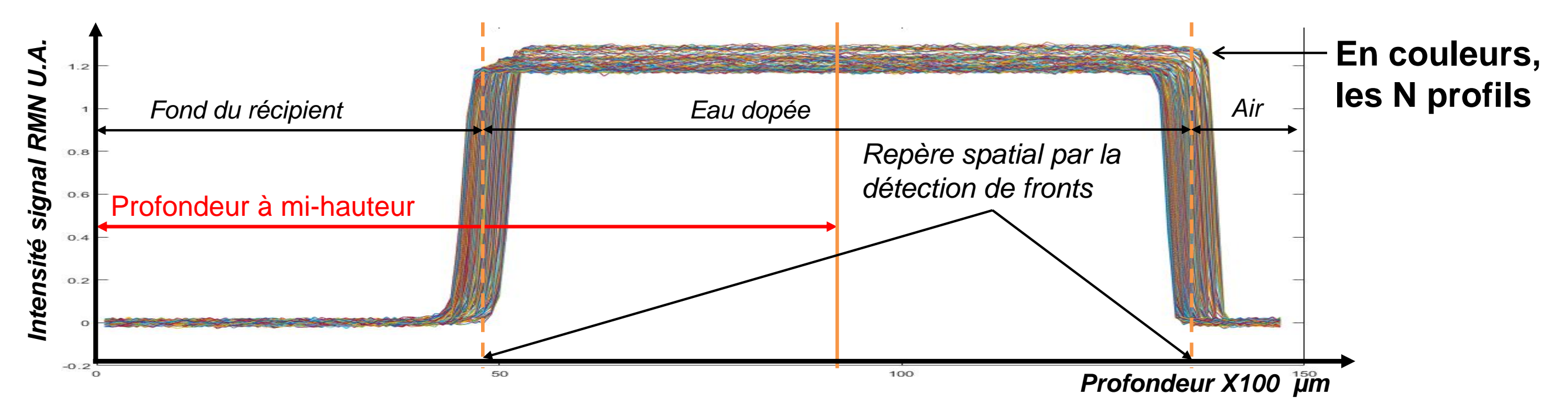


### Principe de la rétroaction



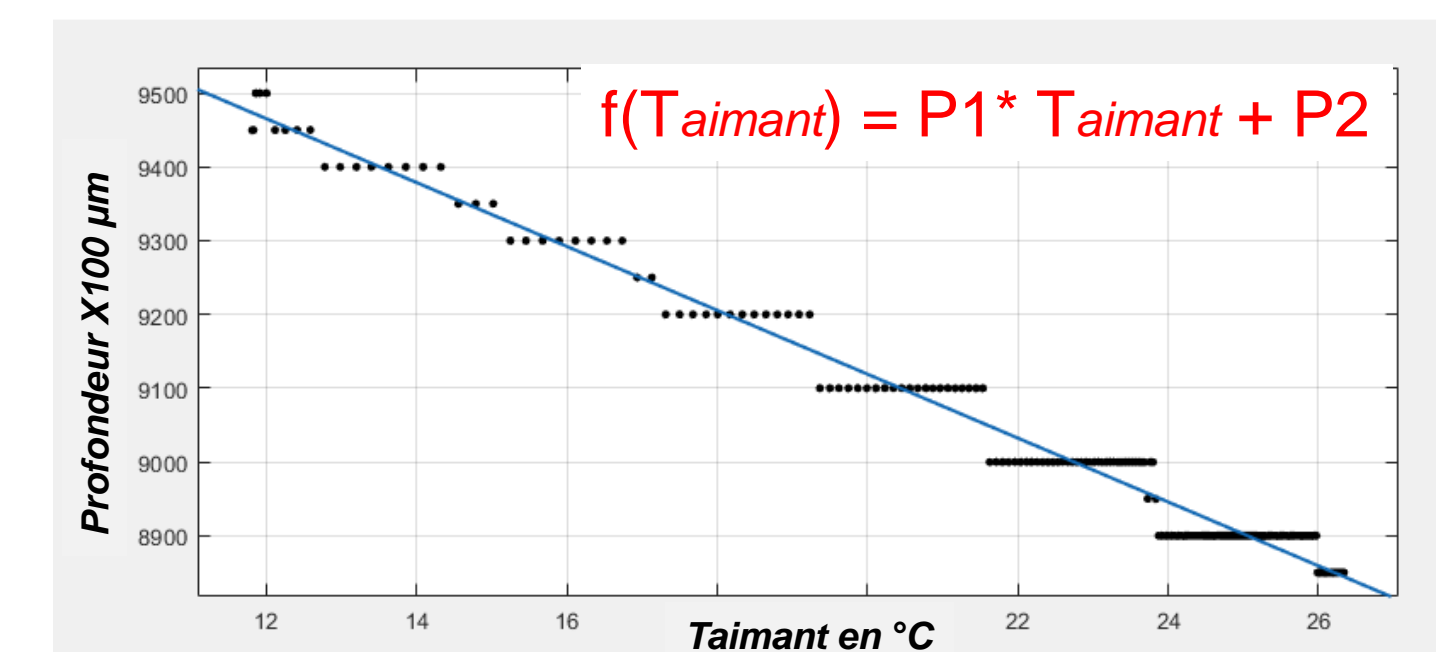
### Méthode pour déterminer de $\Delta T$

- Un récipient rempli d'eau dopée a été utilisé.
- L'aimant a été placé dans une enceinte climatique réglée pour passer d'une *Tambiante* de  $11,8$  à  $26,2^\circ\text{C}$  en  $65\text{h}$ . Les températures *Taimant* et *Tambiante* ont été enregistrées. En même temps, des profils ont été acquis pour avoir des **repères spatiaux**, il a s'agit de mesurer le signal RMN sur une **profondeur de  $1,5 \text{ cm}$  dans une coupe de  $100 \mu\text{m}$  d'épaisseur et par pas de  $100 \mu\text{m}$** .



- Ensuite, chaque profil a été analysé pour extraire la **profondeur à mi-hauteur** et la ***Taimant* moyenne** a été calculée durant la période d'acquisition du profil.
- Pour avoir  $\Delta T$ , ces mesures ont été ajustées sur un modèle linéaire du 1<sup>er</sup> ordre. Il nous prédit un décalage de notre volume sensible de  $-43,31 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$  sur notre aimant.

**Caractéristique du modèle :**  
 $P1 = -43,31 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ ,  $P2 = 9985 \mu\text{m}$   
 $(R^2 = 0,982)$



- On en déduit  $\Delta T = 50 / P1 \approx 1,154 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Nous déplacerons donc l'aimant de  $50 \mu\text{m}$  pour chaque variation de *Taimant* égale à  $\Delta T$ .

## Conclusion

Nous sommes capables d'avoir la ***Taimant* et *Tambiante* en tous temps**. Nous avons **modélisé le comportement de l'aimant**, grâce au modèle nous pouvons estimer a priori le moment où le biais se manifestera (écart de  $\Delta T$ ), à condition de connaître l'évolution de la *Tambiante* et la durée de l'expérience RMN en amont.

**Par contre**, en extérieur et davantage pour de longues expériences RMN, comme la mesure de flux dans le végétal, la rétroaction sur la position de l'ascenseur est incontournable. Pour cela, **nous avons déterminé  $\Delta T$**  la variation de *Taimant* qui implique de déplacer l'aimant de  $50 \mu\text{m}$ .

**À terme**, nous comptons intégrer dans le logiciel d'acquisition **une correction automatique** qui prendra le contrôle de l'ascenseur pour ajuster la position de l'aimant.