



**HAL**  
open science

## Projet ReProVIP

Gaël Vila, Axel Bonnet, Carole Frindel, Helene Ratiney, Frédéric Cervenansky, Morgane Des Ligneris, C. Mouton, Emmanuel Medernach, Jerome Pansanel, Tristan Glatard, et al.

► **To cite this version:**

Gaël Vila, Axel Bonnet, Carole Frindel, Helene Ratiney, Frédéric Cervenansky, et al.. Projet Re-proVIP : Vers des Résultats Reproductibles en Imagerie Médicale. Journée Reproductibilité Labex PRIMES, Dec 2022, Lyon, France. hal-04006460

**HAL Id: hal-04006460**

**<https://hal.science/hal-04006460>**

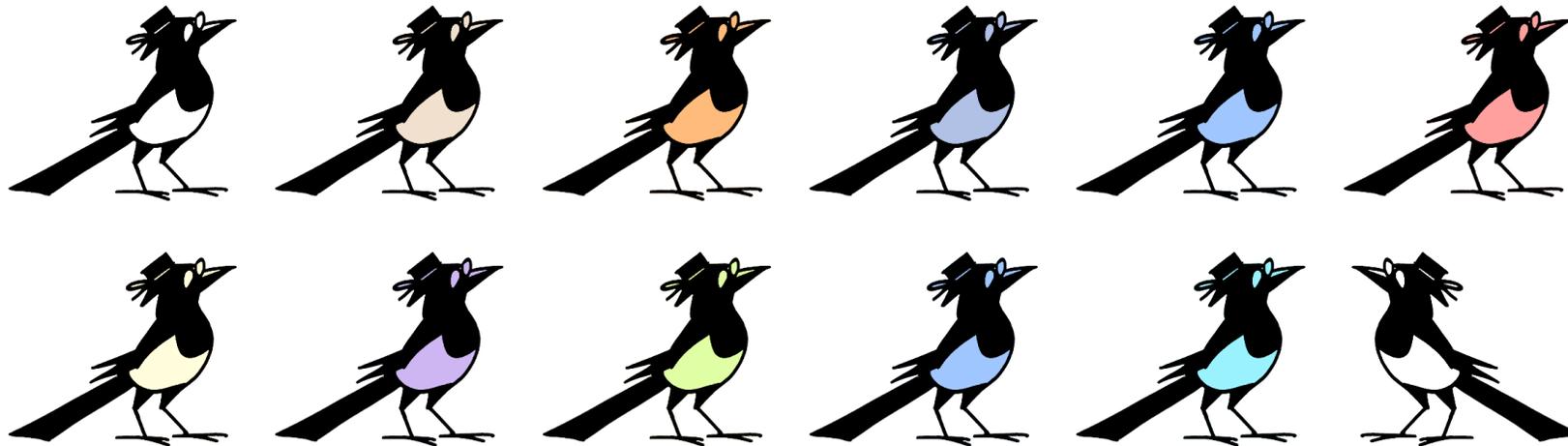
Submitted on 27 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Projet ReproVIP

Vers des Résultats Reproductibles en Imagerie Médicale



Gaël Vila, Axel Bonnet, Carole Frindel, Hélène Ratiney, Frédéric Cervenansky, Morgane des Ligneris, Claire Mouton, Emmanuel Medernach, Jérôme Pansanel, Tristan Glatard, Sorina Camarasu-Pop

Journée Reproductibilité – Labex PRIMES – 08/12/2022 – Lyon

# Intro. VIP – the Virtual Imaging Platform

- Plateforme libre et gratuite pour la simulation et l'analyse de données en imagerie médicale
  - ✓ 20+ applications disponibles
  - ✓ Un portail Web  
<https://vip.creatis.insa-lyon.fr/>
- Utilise des ressources de calcul distribuées (ex. : EGI e-infrastructure)



# Sommaire

## Intro. VIP – the Virtual Imaging Platform

### I. Variabilité des Résultats en Imagerie Médicale

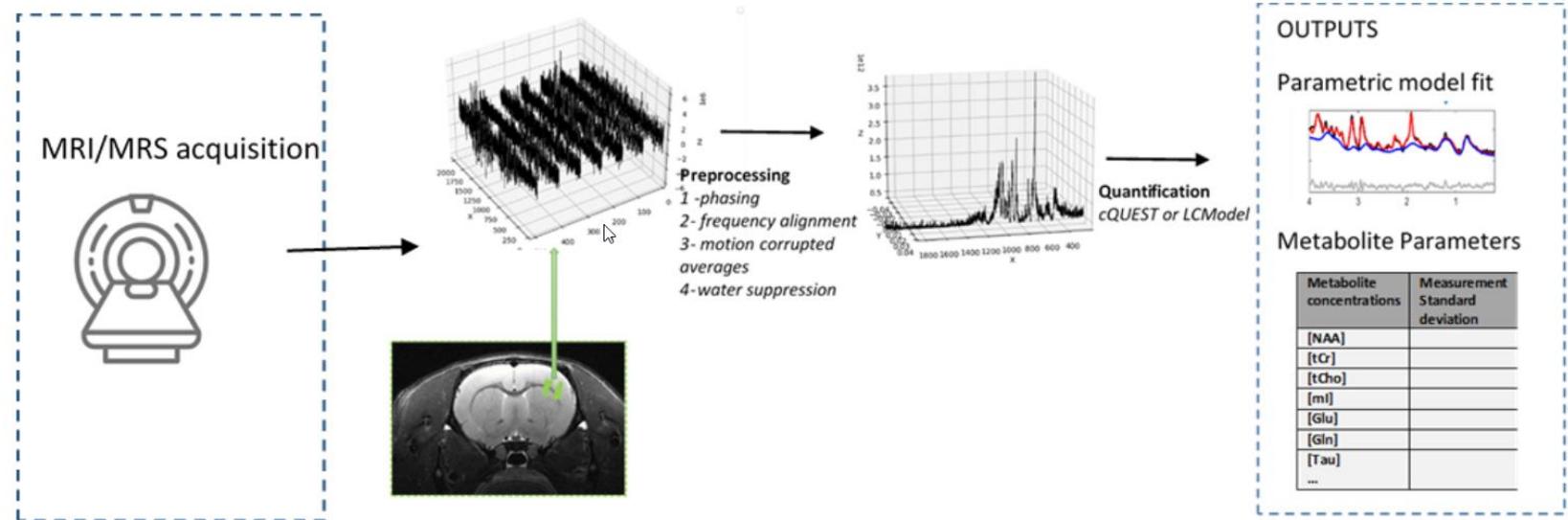
### II. Critères de Reproductibilité

### III. Projet ReproVIP

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## A. La Méthodologie de Recherche

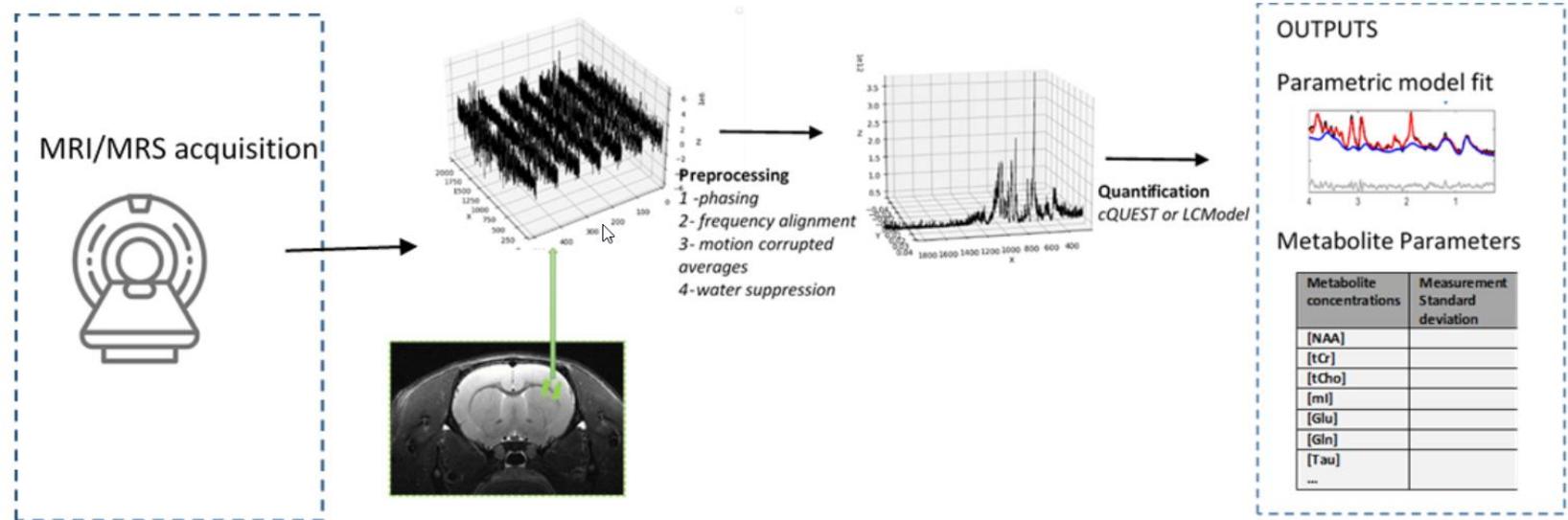
*Pipeline: quantification d'un métabolite en Spectro RM*



# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## A. La Méthodologie de Recherche

Pipeline: quantification d'un métabolite en Spectro RM



### Sélection des entrées

- Sujets, dispositifs de mesure, –
- Rapport signal sur bruit

### Prétraitement des données

- Reconstruction, recalage, lissage, filtrage, –

### Analyse des données

- Modèle, contraintes, –
- Statistiques, apprentissage, –

### Affichage des résultats

- Tableaux, graphiques, –

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## B. Les Logiciels d'Analyses

<i>Domaine d'Application</i>	<i>Logiciels Disponibles</i>				
<i>IRM fonctionnelle</i>					
<i>Spectroscopie par Résonance Magnétique</i>	 FSL-MRS				

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## B. Les Logiciels d'Analyses

Différentes implémentations / Différentes versions

<i>Domaine d'Application</i>	<i>Logiciels Disponibles</i>				
<i>IRM fonctionnelle</i>					
<i>Spectroscopie par Résonance Magnétique</i>	 FSL-MRS				

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations **Inter-Exécutions**

- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- Parallélisation

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations Inter-Builds

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



### Variations Inter-Exécutions

- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- Parallélisation

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations Inter-Builds

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



### Variations Inter-OS

- Librairies dynamiques
- Noyaux d'OS



### Variations Inter-Exécutions

- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- Parallélisation

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations Inter-Builds

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



### Variations Inter-OS

- Librairies dynamiques
- Noyaux d'OS



### Variations Inter-Exécutions

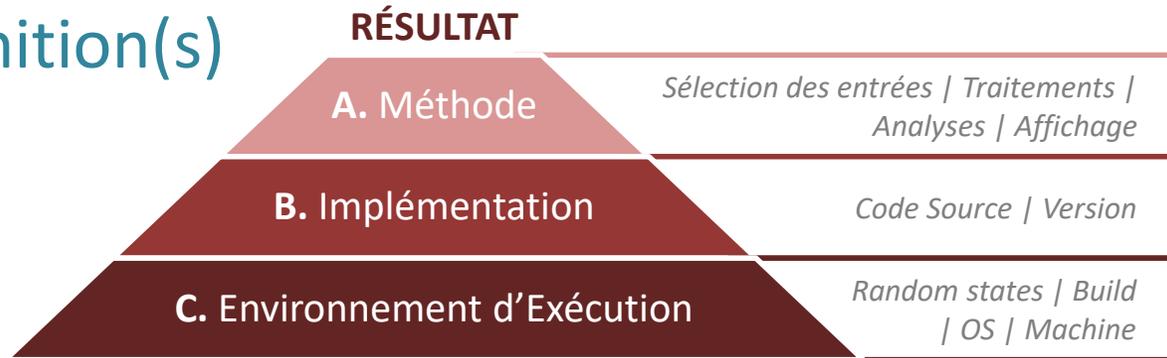
- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- Parallélisation

### Variations Inter-Machines

- Architectures
- Composants

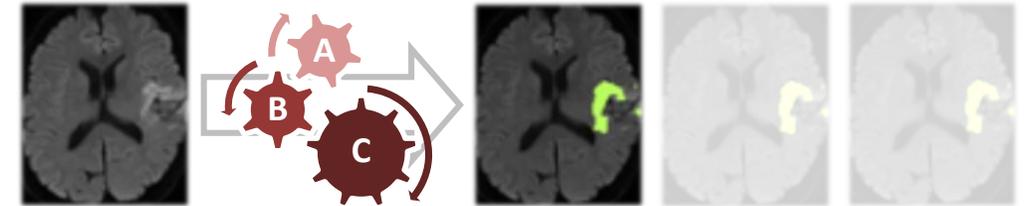
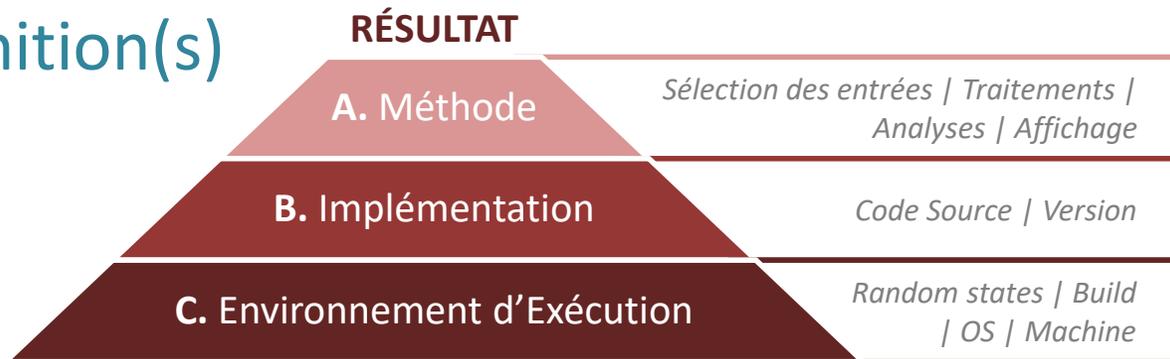
## II. Critères de Reproductibilité

### Définition(s)



## II. Critères de Reproductibilité

### Définition(s)

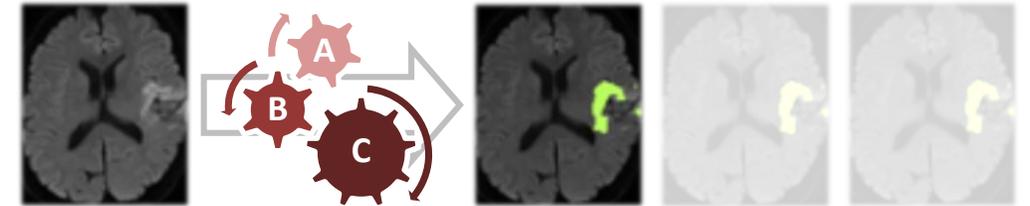
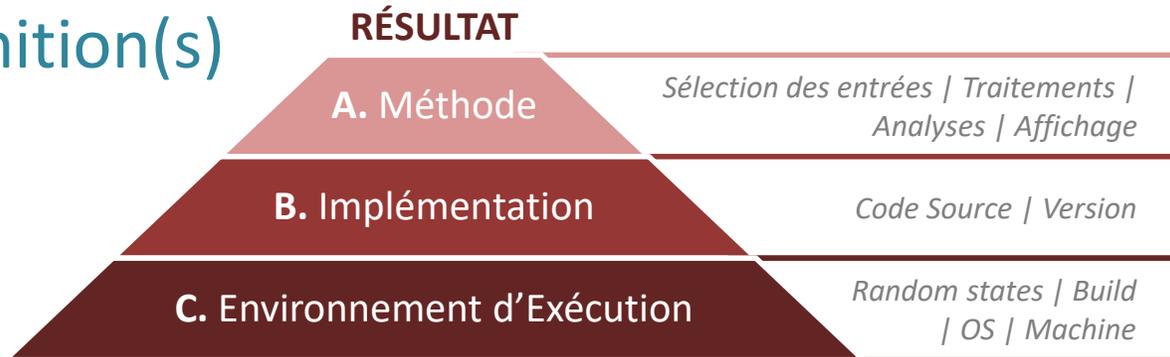


### Reproductibilité

- Capacité d'un processus à générer des **résultats identiques** en réappliquant les **mêmes calculs** avec les **mêmes ressources** sur les **mêmes entrées** (**A + B + C**)

## II. Critères de Reproductibilité

### Définition(s)



### Reproductibilité

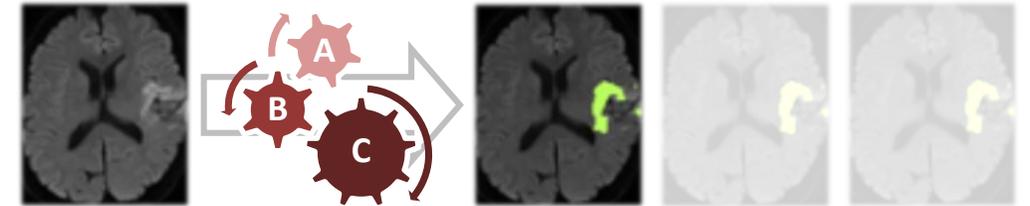
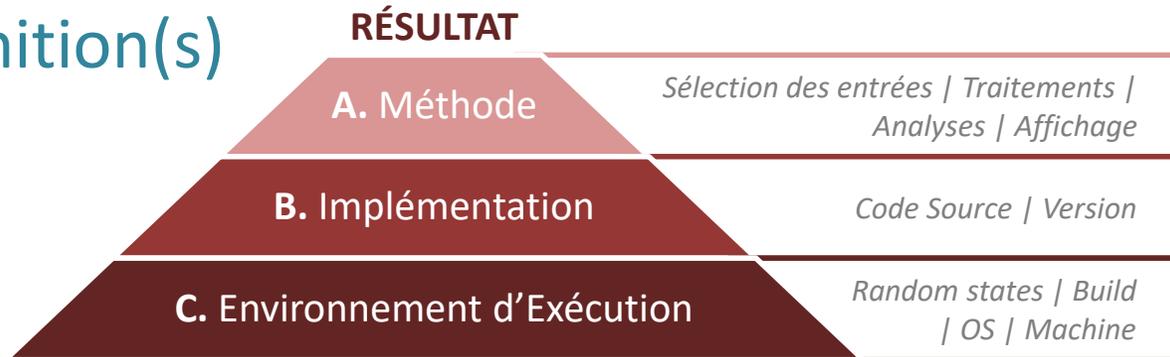
- Capacité d'un processus à générer des **résultats identiques** en réappliquant les **mêmes calculs** avec les **mêmes ressources** sur les **mêmes entrées** (A + B + C)

### ≠ Réplicabilité

- Capacité à produire des résultats similaires lorsqu'une **même méthodologie** est utilisée pour répondre à une **même problématique** de recherche (A)

## II. Critères de Reproductibilité

### Définition(s)



### Reproductibilité

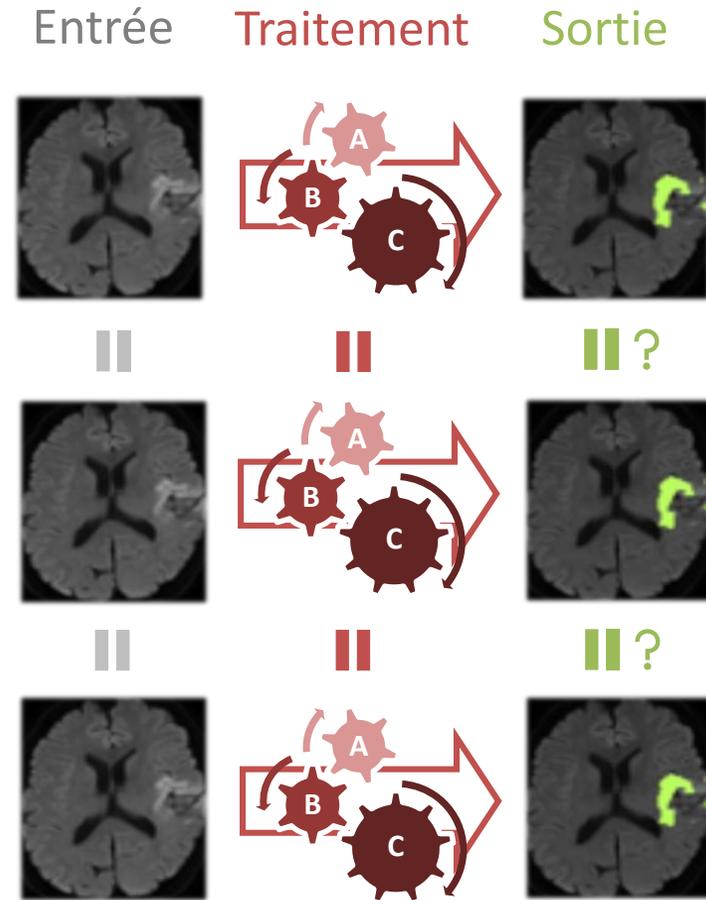
- Capacité d'un processus à générer des **résultats identiques** en réappliquant les **mêmes calculs** avec les **mêmes ressources** sur les **mêmes entrées** (**A + B + C**)

**Défi** : maîtriser la variabilité de **niveau C**

- Impact du **calcul distribué (VIP)** sur la reproductibilité des résultats ?

## II. Critères de Reproductibilité

Comment valider la reproductibilité d'un traitement ?

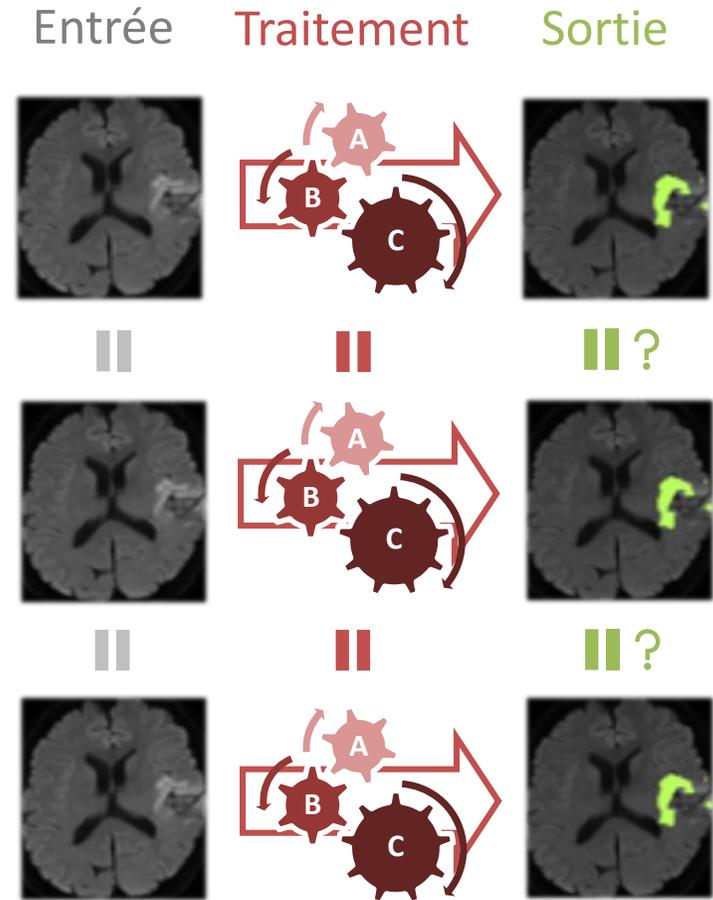


## II. Critères de Reproductibilité

### Comment valider la reproductibilité d'un traitement ?

Réponse triviale : **reproductibilité bit-à-bit**

- ex.: égalité des checksums



## II. Critères de Reproductibilité

### Comment valider la reproductibilité d'un traitement ?

Réponse triviale : **reproductibilité bit-à-bit**

- ex.: égalité des checksums

→ *Et si les résultats ne sont pas identiques ?*



## II. Critères de Reproductibilité

### Comment valider la reproductibilité d'un traitement ?

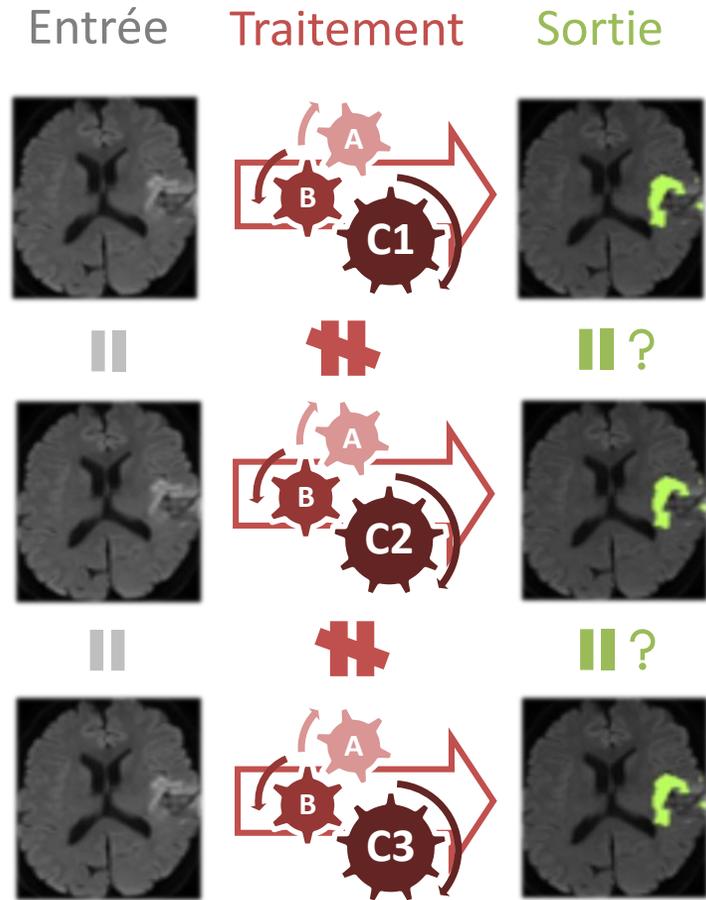
Réponse triviale : **reproductibilité bit-à-bit**

- ex.: égalité des checksums

→ *Et si les résultats ne sont pas identiques ?*

Réponse réaliste : **reproductibilité "suffisante"**

- **Préservation des conclusions** → ex.: «  $p < 0,05$  » à chaque exécution
  - *Dépend de l'interprétation du chercheur*
- **Préservation des valeurs** → ex.: différences inter-sujets
  - *Besoin de métriques adaptées au traitement*



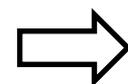
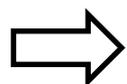
## II. Critères de Reproductibilité

### Préservation des valeurs (exemple)

Données d'Entrée

Traitement

Valeurs en Sortie

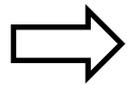
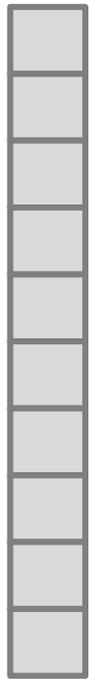


N valeurs calculées

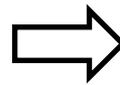
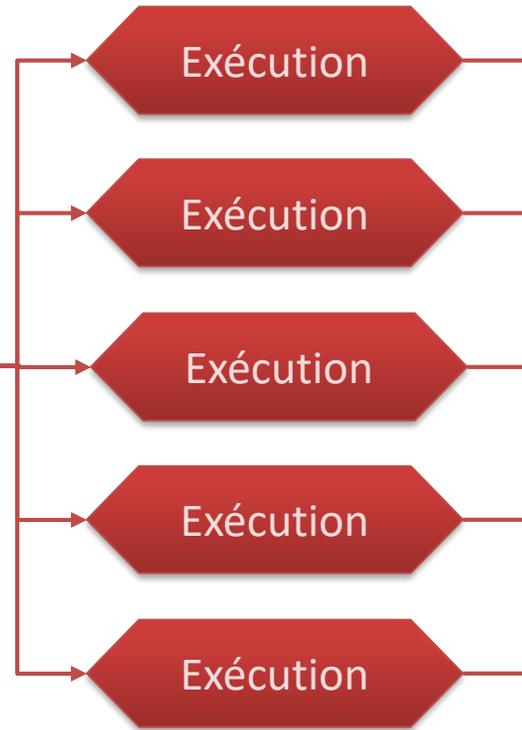
# II. Critères de Reproductibilité

## Préservation des valeurs (exemple)

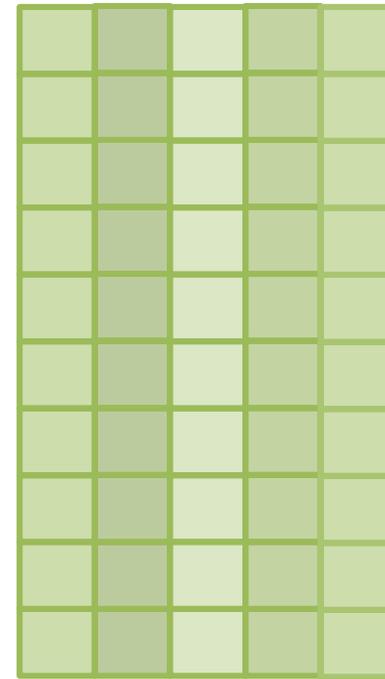
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



N valeurs calculées

K exécutions du traitement

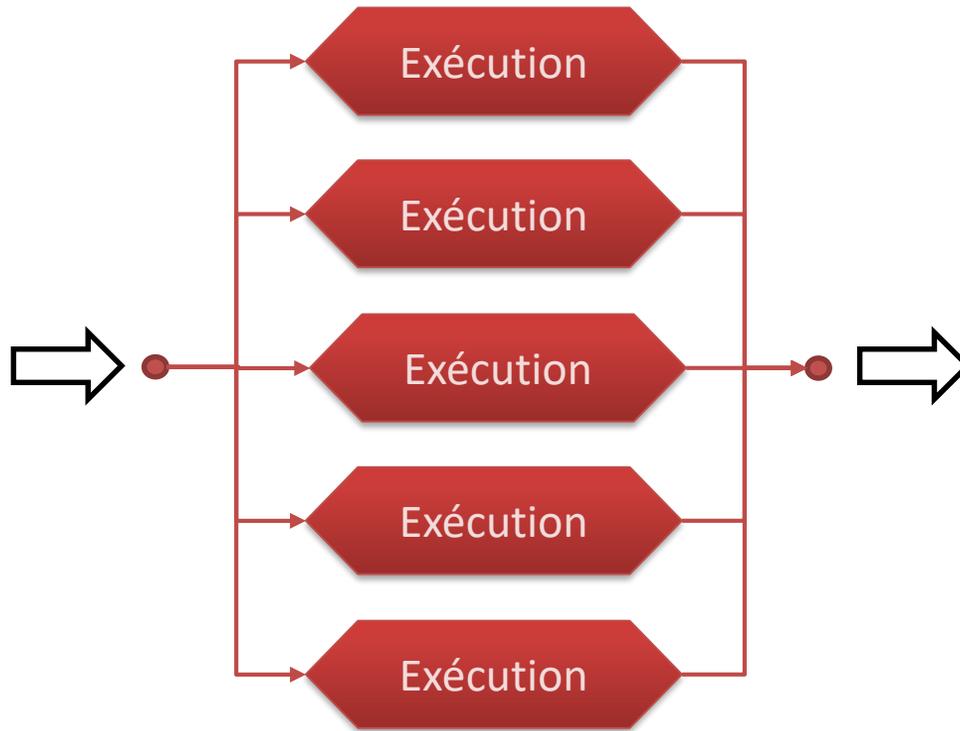
# II. Critères de Reproductibilité

## Préservation des valeurs (exemple)

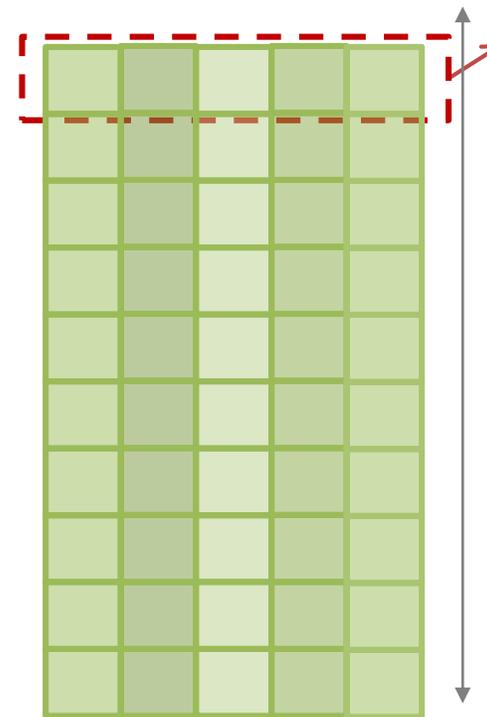
Données d'Entrée



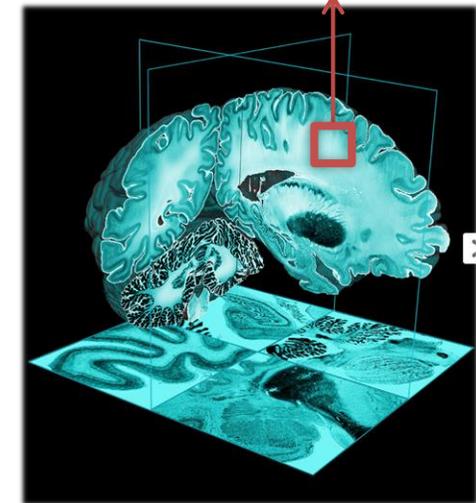
Traitement



Valeurs en Sortie



Intensité d'un voxel  
aux coordonnées (x,y)



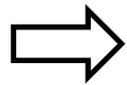
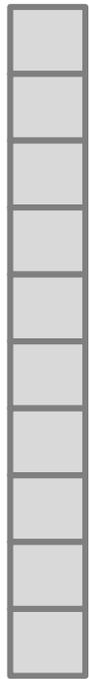
N sujets disponibles

K exécutions du traitement

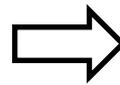
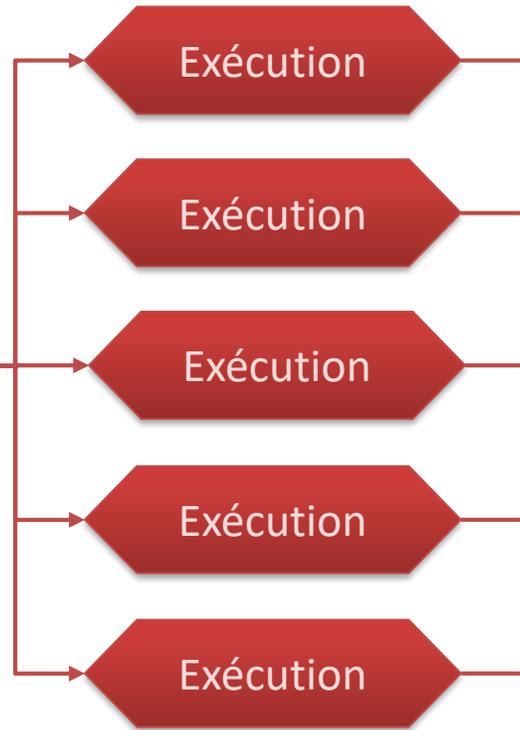
# II. Critères de Reproductibilité

## Préservation des valeurs (exemple)

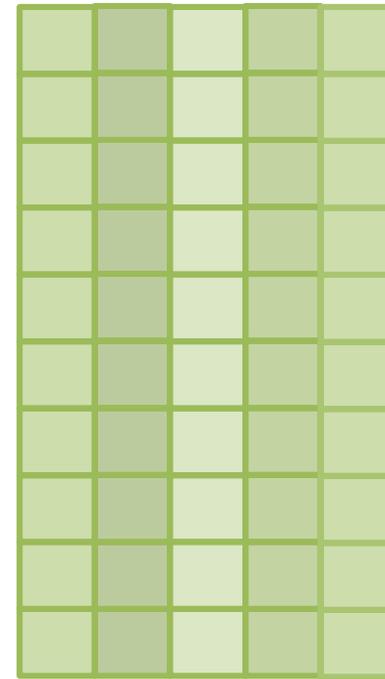
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



Le traitement est « reproductible » si :

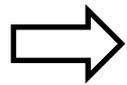
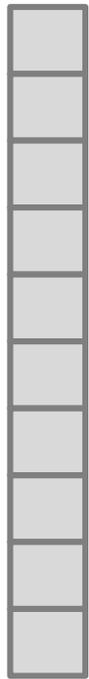
**Variabilité inter-exécutions**  
 <<  
**Variabilité inter-sujets**

N sujets disponibles

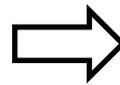
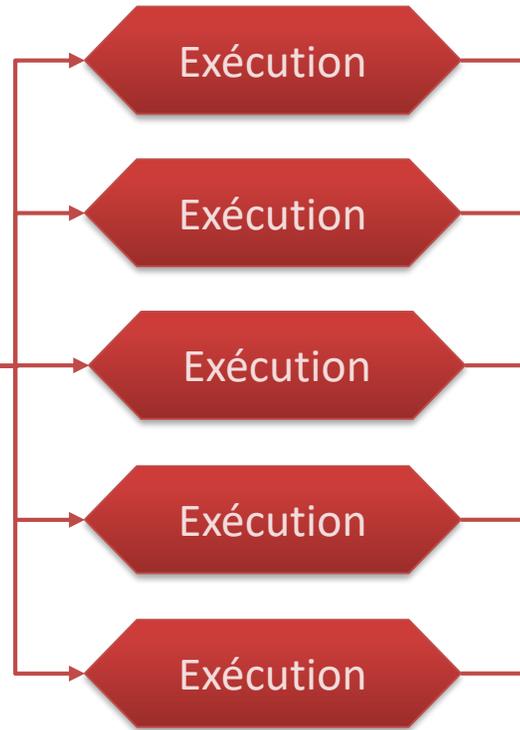
# II. Critères de Reproductibilité

## Préservation des valeurs (exemple)

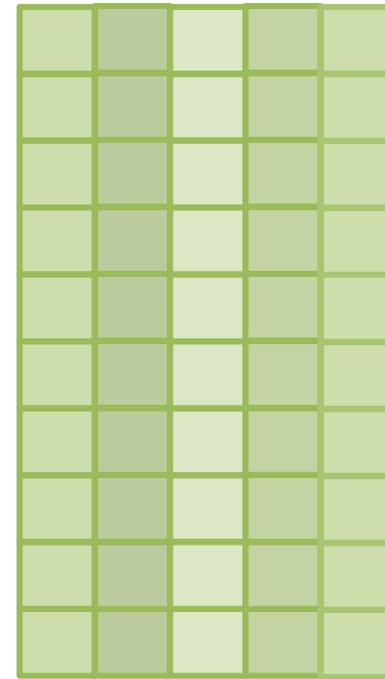
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



← K exécutions du traitement

N sujets disponibles



Le traitement est « reproductible » si :

**Variabilité inter-exécutions**



**Variabilité inter-sujets**

→ Métriques génériques

**Fiabilité Test-Retest**

→ Métriques spécifiques à l'application

**Coeff. Dice / RMSE / ...**

## III. Projet ReproVIP

### WP1 – Evaluer la Reproductibilité d'une Application sur VIP

Proposer un Modèle

Automatiser son application dans VIP

## III. Projet ReproVIP

### WP1 – Evaluer la Reproductibilité d'une Application sur VIP

#### Proposer un Modèle

##### Objectifs de recherche

- **Métriques** pour quantifier l'incertitude
- **Critères** pour valider la reproductibilité

##### Implémentation dans VIP

- **Dashboard** pour visualiser les métriques
- **Alertes** si violation des critères

#### Automatiser son application dans VIP

##### Objectifs de recherche

- **Protocole de Test** sur une exécution dans VIP

##### Implémentation dans VIP

- **Intégration Continue**

## III. Projet ReproVIP

### WP2 – Améliorer la Reproductibilité dans VIP

Gestion de l'Environnement de Calcul (« C »)

Gestion du Processus d'Exploration (« A »)

## III. Projet ReproVIP

### WP2 – Améliorer la Reproductibilité dans VIP

#### Gestion de l'Environnement de Calcul (« C »)

**Objectif** : Evaluation des solutions existantes ...

- **Containers** (Docker / UDocker)
- **Guix** (Distrib. Basée sur GNU spécialisée dans la gestion de versions)

... Sur plusieurs infrastructures de calcul (EGI, SCIGNE, Grid5000)



#### Gestion du Processus d'Exploration (« A »)

**Outils**

- Notebooks (templates) accédant aux ressources de VIP



## III. Projet ReproVIP

### WP3 – Appliquer nos Solutions sur la Recherche en Imagerie Médicale

Cas d'Usage A: Quantification des Métabolites en Spectroscopie RM

Cas d'Usage B: Segmentation Automatique de Tumeurs Cérébrales

### III. Projet ReproVIP

## WP3 – Appliquer nos Solutions sur la Recherche en Imagerie Médicale

#### Cas d’Usage A: Quantification des Métabolites en Spectroscopie RM

<i>Source de variation</i>	<i>Modèle (A)</i>	<i>Implémentation (B)</i>	<i>Environnement (C)</i>
Préservation des valeurs	<b>X</b>		<b>X</b>
Préservation des conclusions	<b>X</b>		<b>X</b>

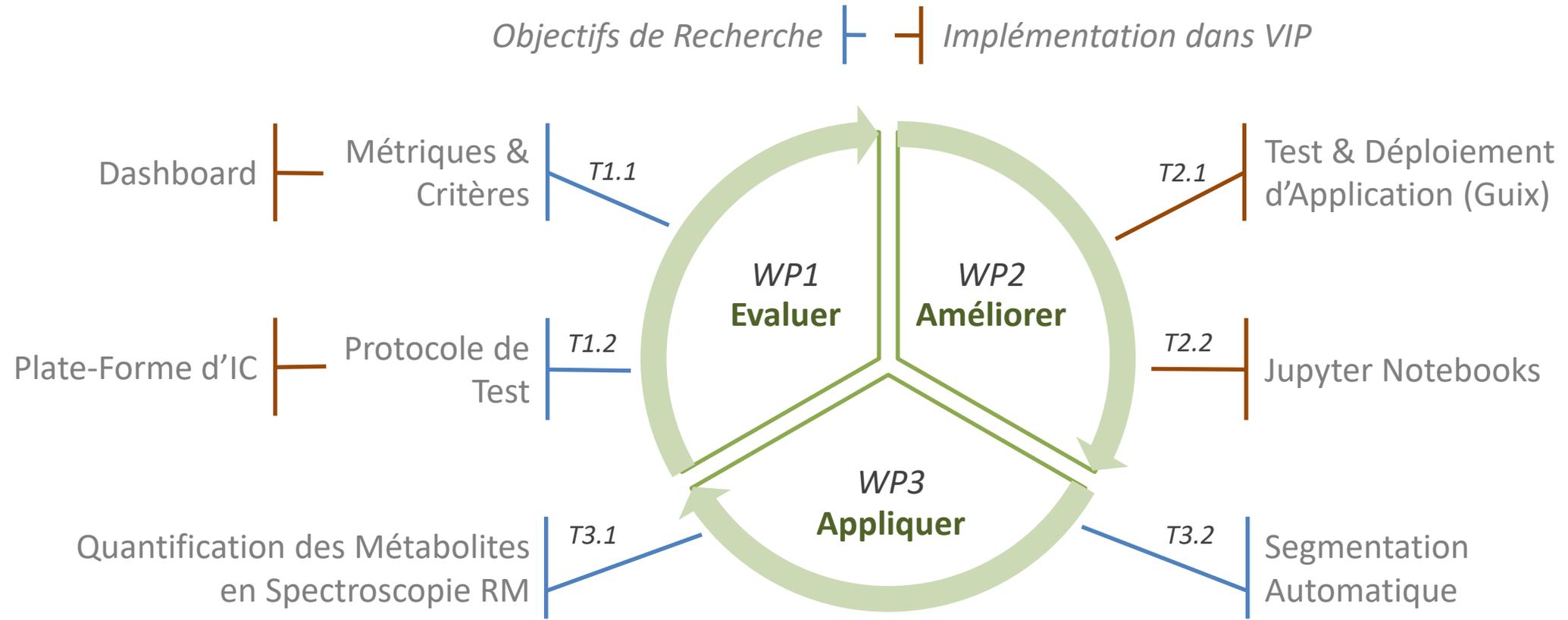
#### Cas d’Usage B: Segmentation Automatique de Tumeurs Cérébrales

<i>Source de variation</i>	<i>Modèle (A)</i>	<i>Implémentation (B)</i>	<i>Environnement (C)</i>
Préservation des valeurs	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Préservation des conclusions	À l’étude		

Articles en cours de révision

# III. Projet ReprVIP [https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE45-0024]

## Résumé





MERCI  
pour votre attention



Gaël Vila, Axel Bonnet, Carole Frindel, Hélène Ratiney, Frédéric Cervenansky, Morgane des Ligneris, Claire Mouton,  
Emmanuel Medernach, Jérôme Pansanel, Tristan Glatard, Sorina Camarasu-Pop

Journée Reproductibilité – Labex PRIMES – 08/12/2022 – Lyon