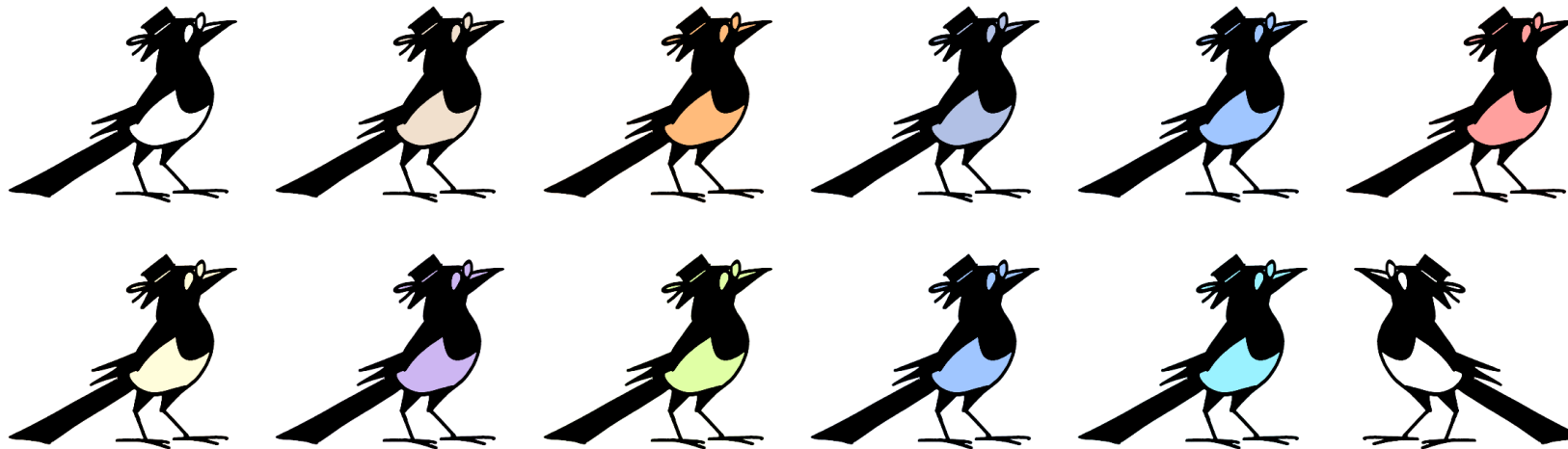


## Projet ReproVIP

# 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 Calcul et Données – 10/10/2022 – Dijon

# Sommaire

## Intro. VIP – the Virtual Imaging Platform

I. Variabilité des Résultats en Imagerie Médicale

II. Critères de Reproductibilité

III. Projet ReproVIP

# 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/>



# 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)

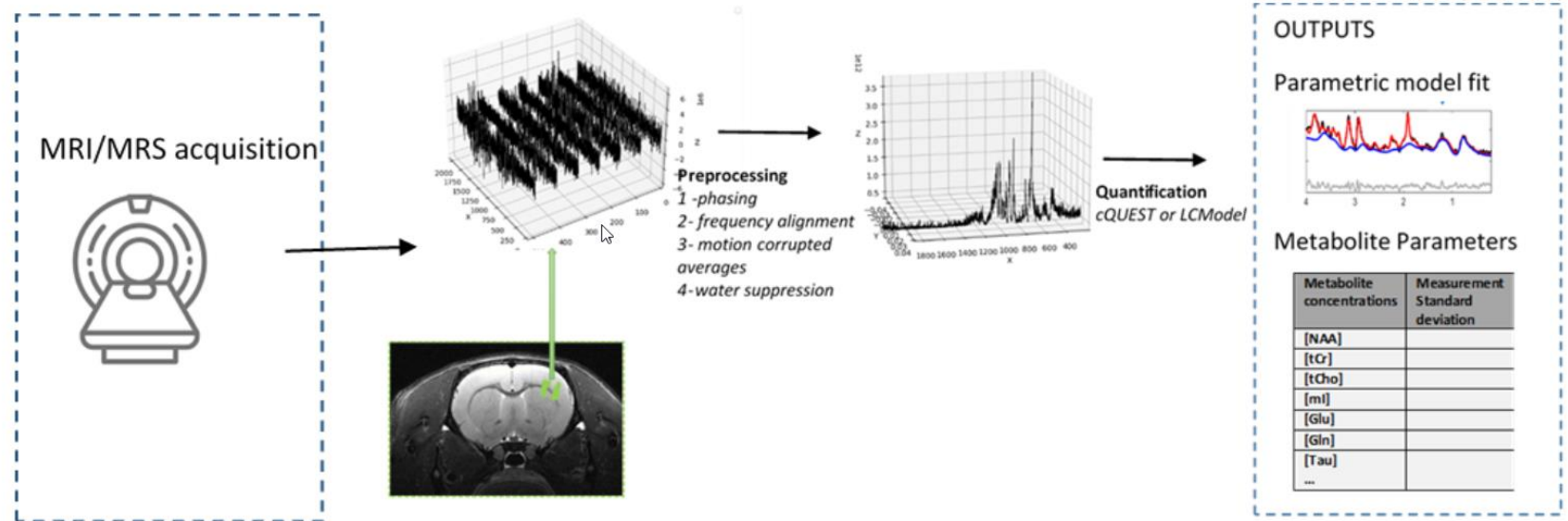


# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## A. La Méthodologie de Recherche

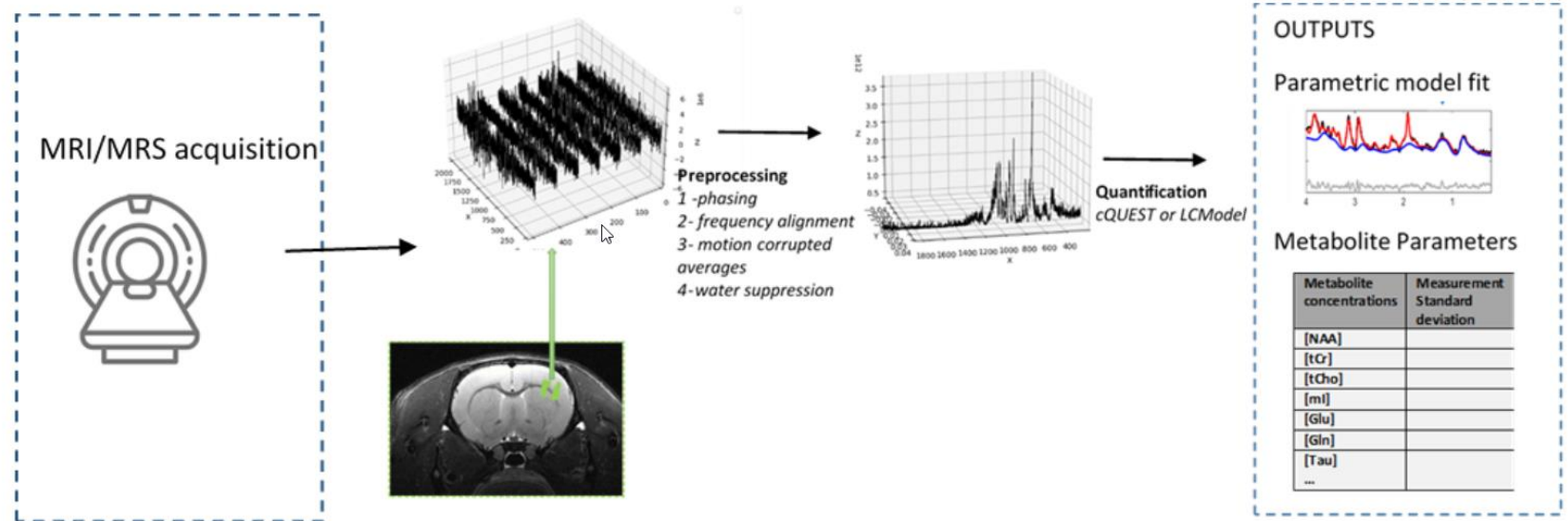
Exemple: workflow standard en spectroscopie RM



# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## A. La Méthodologie de Recherche

Exemple: workflow standard en spectroscopie 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





Différentes **implémentations** / Différentes **versions**



# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## B. Les Logiciels d'Analyses






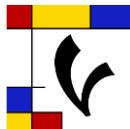
Différentes implémentations / Différentes versions

<i>Domaine d'Application</i>	<i>Logiciels Disponibles</i>			
<i>IRM fonctionnelle</i>				

# I. 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-Builds**

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations **Inter-Builds**

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



### Variations **Inter-OS**

- DLL
- Noyaux d'OS



# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations Inter-Builds

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



### Variations Inter-OS

- DLL
- Noyaux d'OS



### Variations Inter-Exécutions

- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- HPC / Parallélisation

# I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

## C. L'Environnement d'Exécution

### Variations Inter-Builds

- Librairies statiques
- Compilateurs / Options



### Variations Inter-OS

- DLL
- Noyaux d'OS



### Variations Inter-Exécutions

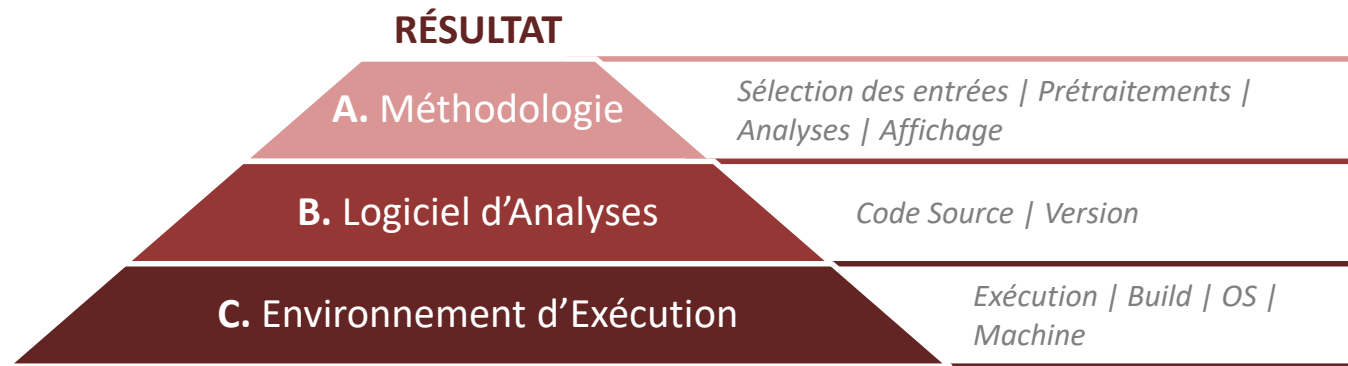
- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- HPC / Parallélisation

### Variations Inter-Machines

- Architectures
- Composants

## II. Critères de Reproductibilité

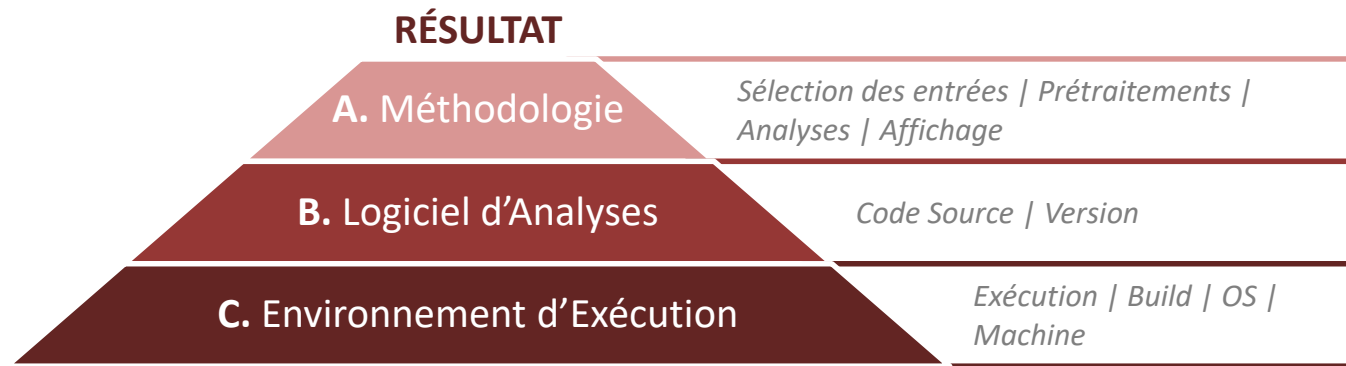
### Définition(s)





## II. Critères de Reproductibilité

### Définition(s)

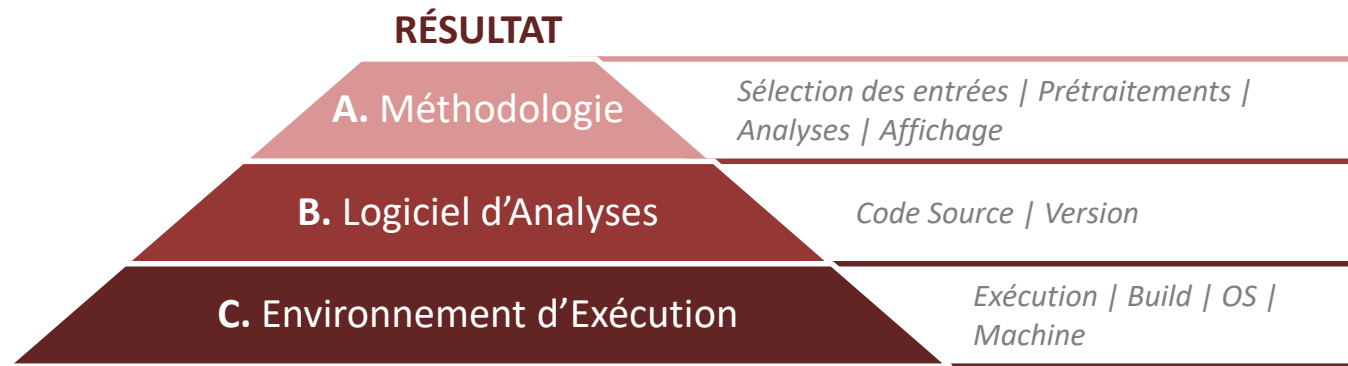


### Reproductibilité

- 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**)

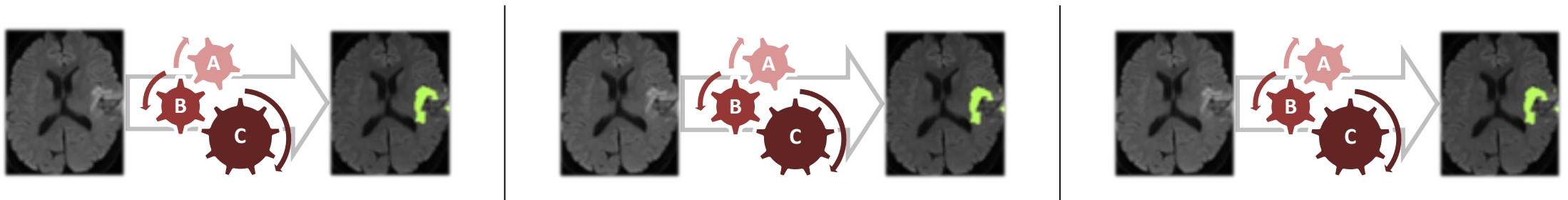
# II. Critères de Reproductibilité

## Définition(s)



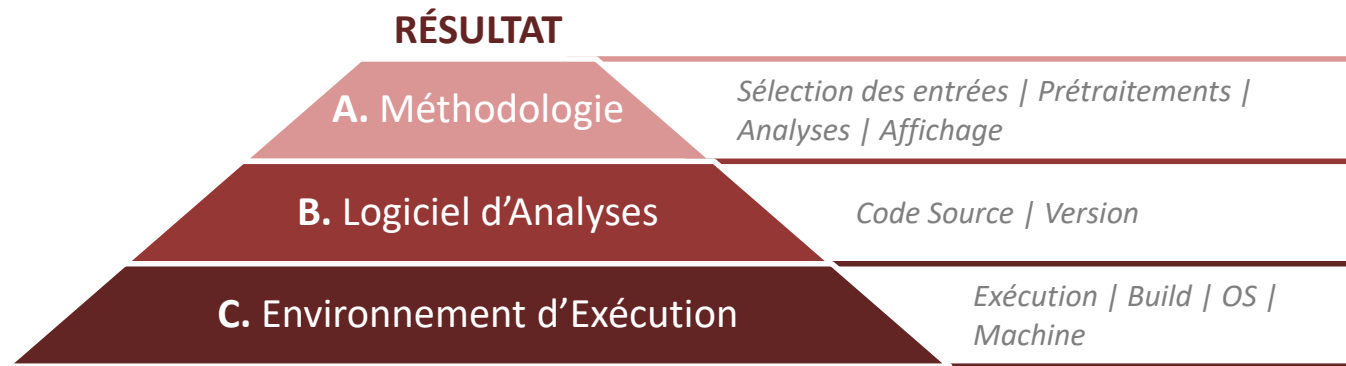
## Reproductibilité

- 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)



## II. Critères de Reproductibilité

### Définition(s)



### Reproductibilité

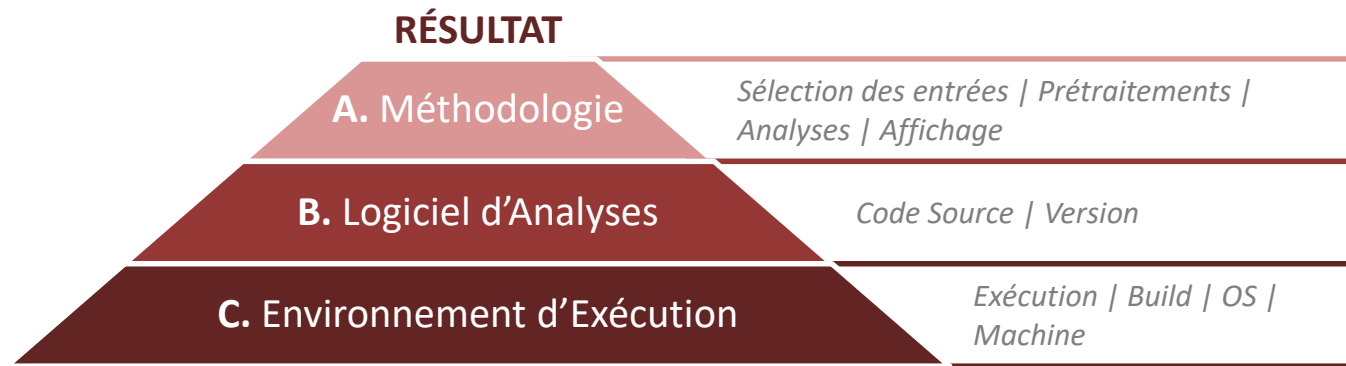
- Capacité d'un processus à générer des **résultats identiques** en réappliquant les **mêmes calculs** avec les **mêmes ressources** sur les **mêmes entrées** (**A + B + C**)

### ≠ 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**

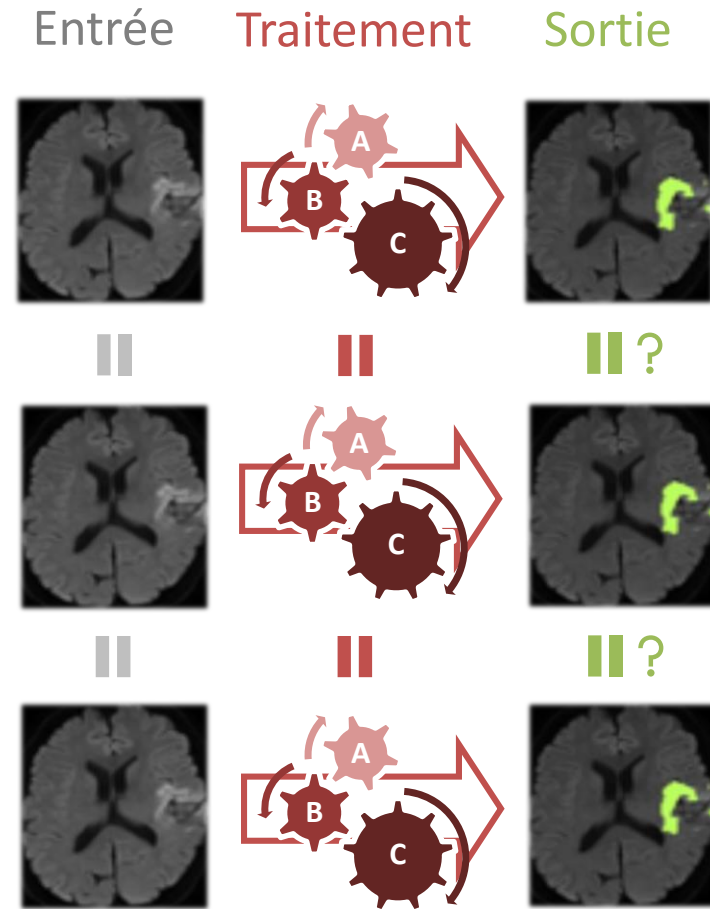
- Impact du **calcul distribué (VIP)** sur la reproductibilité des résultats ?

# II. Critères de Reproductibilité

## Problématique(s) de Recherche

Objectifs à terme

- Mesurer la reproductibilité d’une exécution sur VIP
- Avertir en cas d’exécution non-reproductible



## II. Critères de Reproductibilité

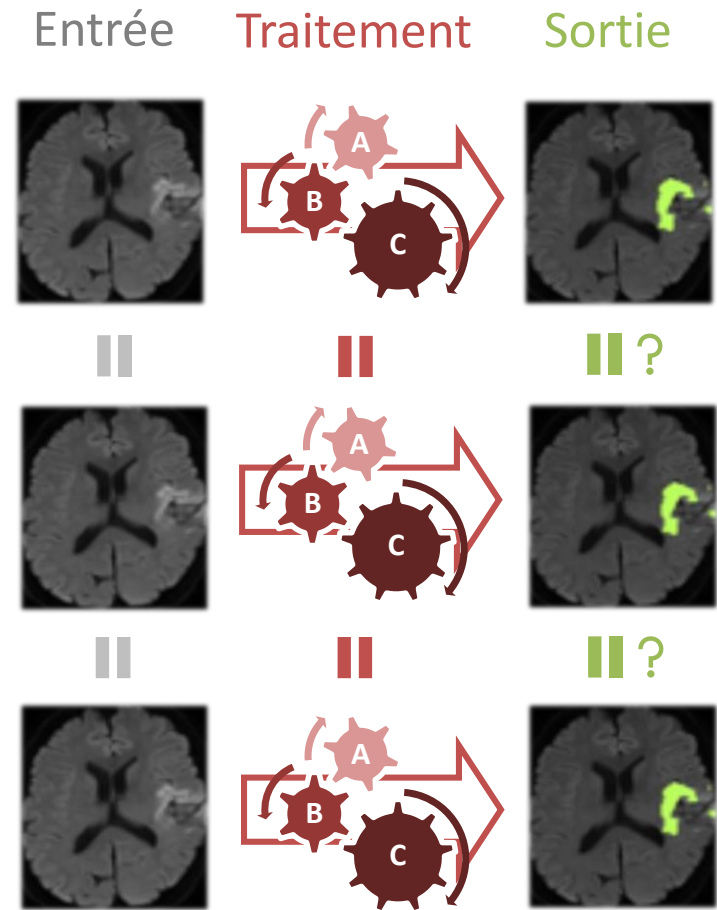
### Problématique(s) de Recherche

Objectifs à terme

- Mesurer la reproductibilité d'une exécution sur VIP
- Avertir en cas d'exécution non-reproductible

Dans l'idéal : reproductibilité bit-à-bit

- Critère absolu : égalité des checksums



# II. Critères de Reproductibilité

## Problématique(s) de Recherche

Objectifs à terme

- Mesurer la reproductibilité d’une exécution sur VIP
- Avertir en cas d’exécution non-reproductible

Dans l’idéal : reproductibilité bit-à-bit

- Critère absolu : égalité des checksums

→ Que faire lorsque le traitement n’est pas reproductible à 100% ?



# II. Critères de Reproductibilité

## Problématique(s) de Recherche

Objectifs à terme

- Mesurer la reproductibilité d’une exécution sur VIP
- Avertir en cas d’exécution non-reproductible

Dans l’idéal : reproductibilité bit-à-bit

- Critère absolu : égalité des checksums
- ➔ *Que faire lorsque le traitement n’est pas reproductible à 100% ?*

En pratique : reproductibilité “suffisante”

- Préservation des conclusions ? ➔ *Nécessite une vérité de terrain*
- Variabilité « faible » par rapport à la variabilité des entrées
- *Besoin de métriques et de protocoles*





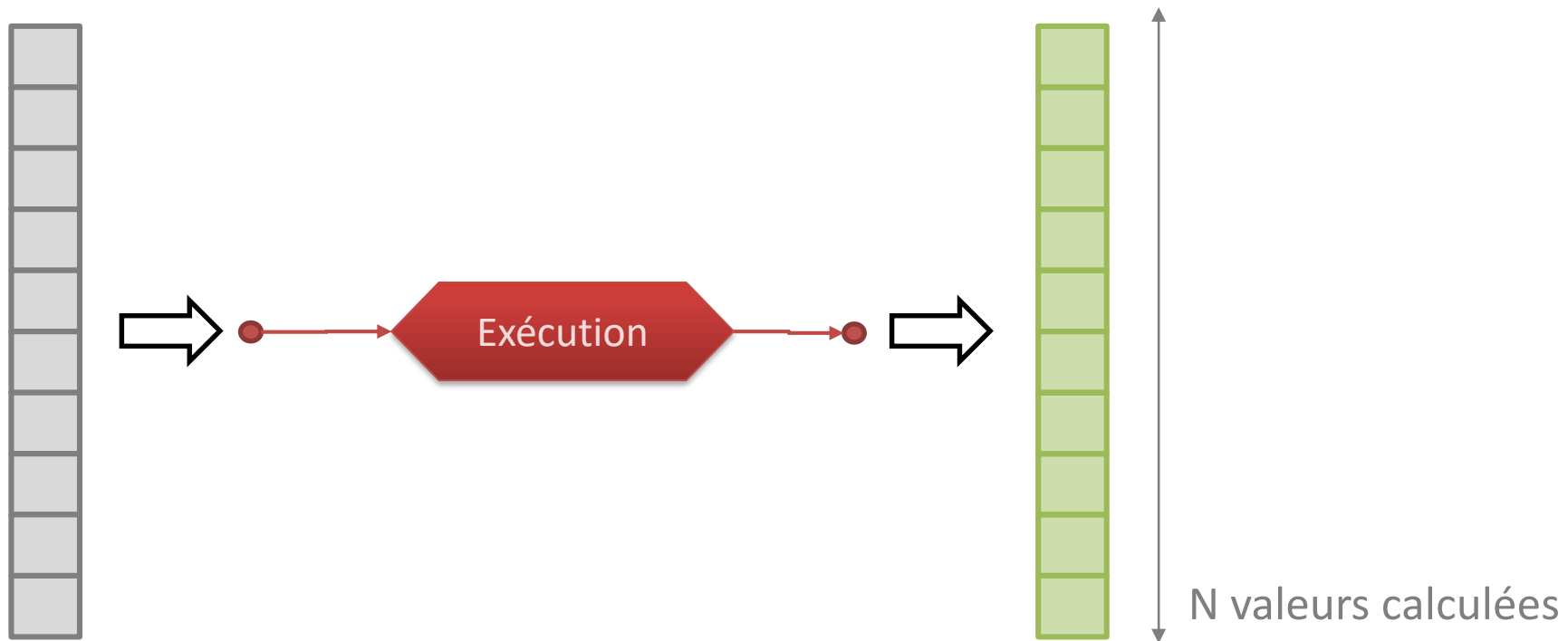
## II. Critères de Reproductibilité

### Reproductibilité “Suffisante” ?

Données d'Entrée

Traitement

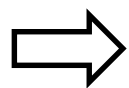
Valeurs en Sortie



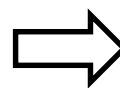
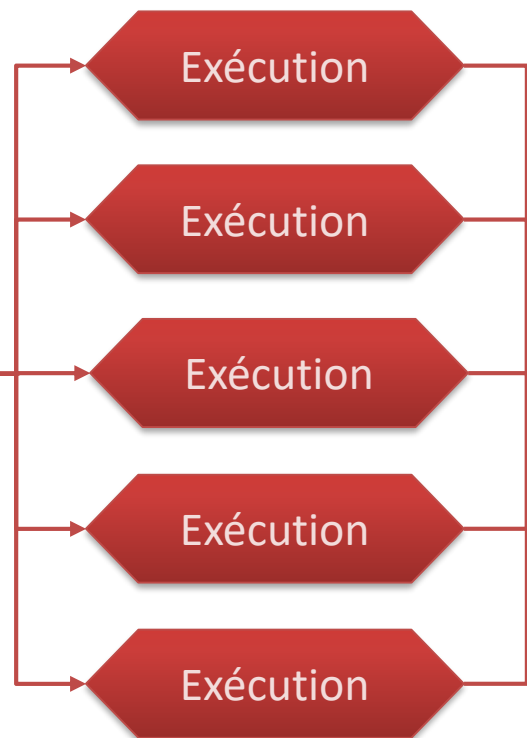
# II. Critères de Reproductibilité

## Reproductibilité “Suffisante” ?

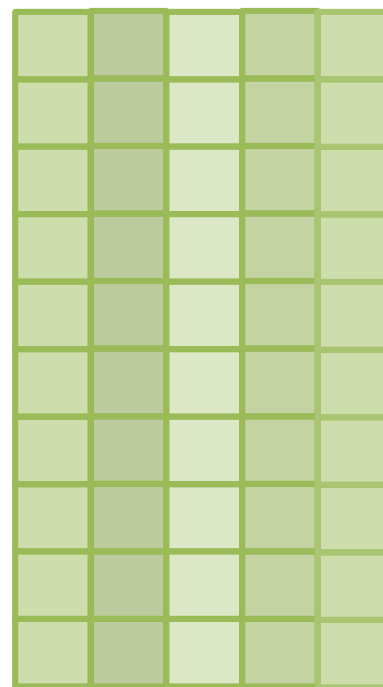
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



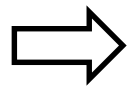
N valeurs calculées

K exécutions du traitement

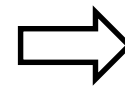
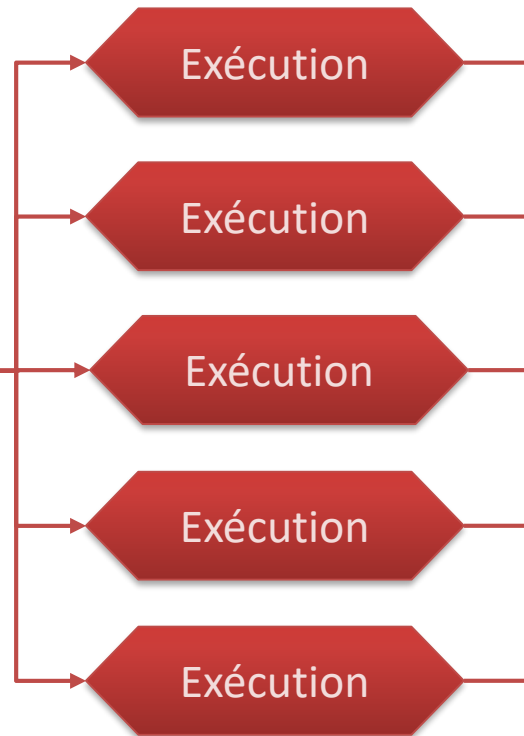
# II. Critères de Reproductibilité

## Reproductibilité "Suffisante" ?

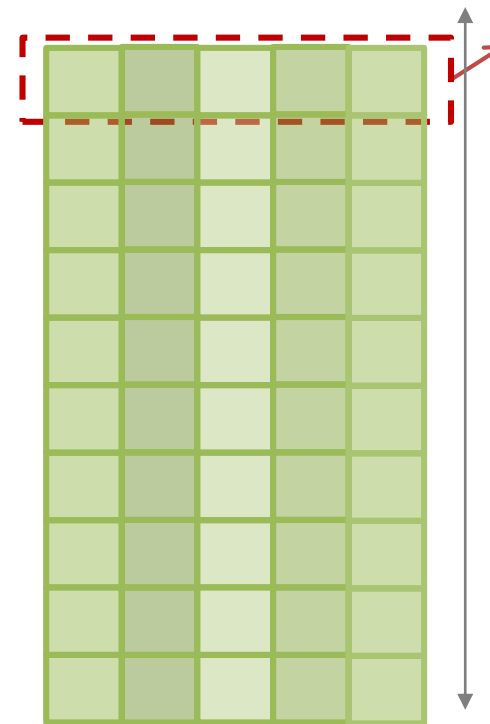
Données d'Entrée



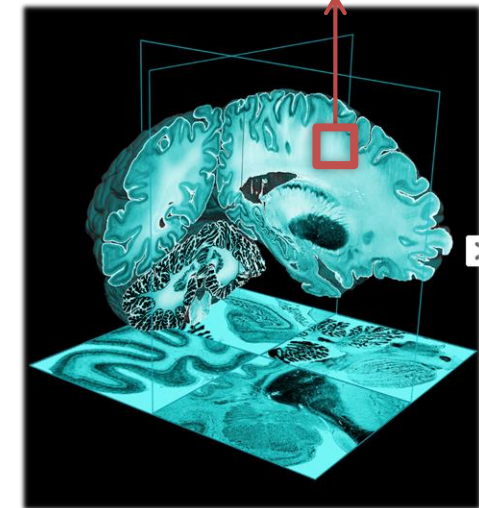
Traitement



Valeurs en Sortie



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



N sujets disponibles

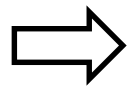
K exécutions du traitement

# II. Critères de Reproductibilité

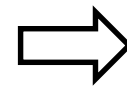
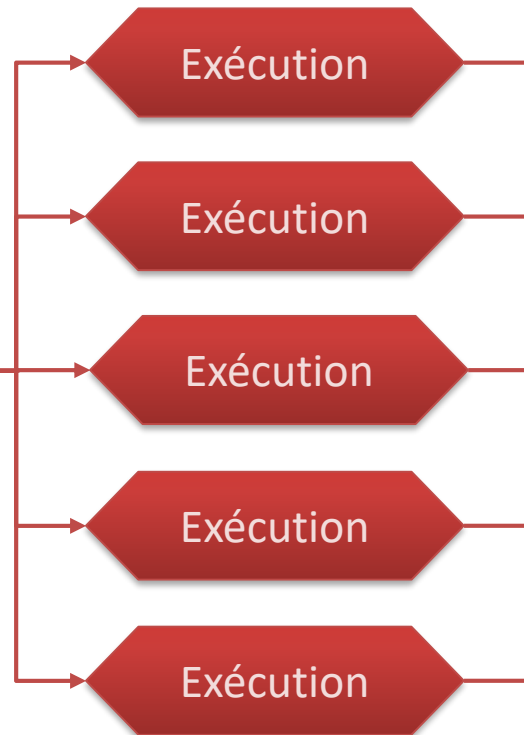
## Reproductibilité "Suffisante" ?



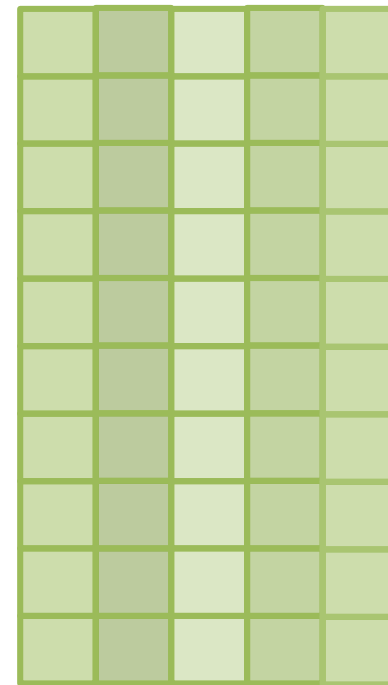
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



N sujets disponibles



K exécutions du traitement

Le traitement est « reproductible » si :

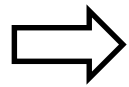
Variabilité **inter-exécutions**  
≪  
Variabilité **inter-sujets**

# II. Critères de Reproductibilité

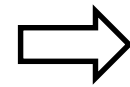
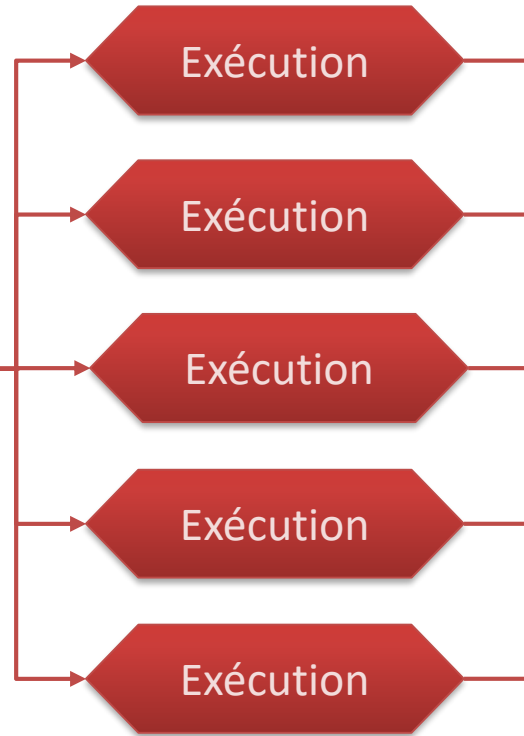
## Reproductibilité "Suffisante" ?



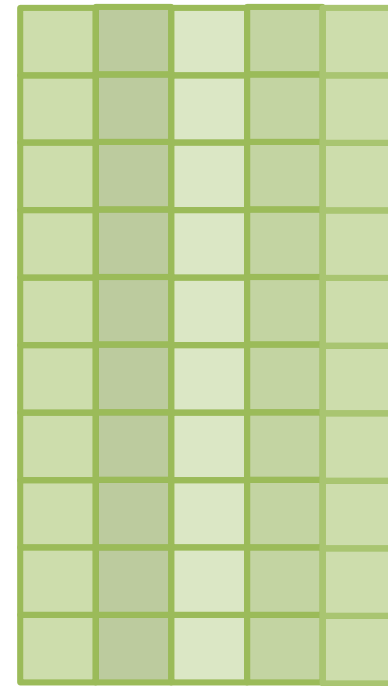
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



← K exécutions du traitement

N sujets disponibles

*Le traitement est « reproductible » si :*

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

→ Métriques disponibles :  
**fiabilité Test-Retest**

## III. Projet ReproVIP

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

## III. Projet ReproVIP

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

#### Tâche 1.1: Proposer un Modèle

##### Objectifs de recherche

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

## III. Projet ReproVIP

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

#### Tâche 1.1: Proposer un Modèle

##### Objectifs de recherche

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

##### Implémentation dans VIP

- Un tableau (**Dashboard**) pour :
  - La visualisation des métriques
  - L'affichage d'alertes en cas de non respect des critères



## III. Projet ReproVIP

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

#### Tâche 1.1: Proposer un Modèle

##### Objectifs de recherche

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

##### Implémentation dans VIP

- Un tableau (**Dashboard**) pour :
  - La visualisation des métriques
  - L'affichage d'alertes en cas de non respect des critères

#### Tâche 1.2: Automatiser l'Evaluation dans VIP

##### Objectifs de recherche

- **Protocole de Test** adapté aux applications de VIP

##### Implémentation dans VIP

- Automatisation des tests dans une **Plate-Forme d'Intégration Continue**

## III. Projet ReproVIP

### WP2 – Améliorer la Reproductibilité dans VIP

## III. Projet ReproVIP

### WP2 – Améliorer la Reproductibilité dans VIP

#### Tâche 2.1: Test & Déploiement d'une Application

**Objectif** : Evaluation des solutions existantes

- **Containers** (Docker / UDocker)
  - **Guix** (Distro basée sur GNU spécialisée dans la gestion de versions)
- Sur différentes infrastructures de calcul (EGI, SCIGNE, Grid5000)



## III. Projet ReproVIP

### WP2 – Améliorer la Reproductibilité dans VIP

#### Tâche 2.1: Test & Déploiement d'une Application

**Objectif** : Evaluation des solutions existantes

- **Containers** (Docker / UDocker)
  - **Guix** (Distro basée sur GNU spécialisée dans la gestion de versions)
- Sur différentes infrastructures de calcul (EGI, SCIGNE, Grid5000)



#### Tâche 2.2: Gestion du Processus d'Exploration

**Implémentation dans VIP**

- Notebook (+ modèles) accédant aux ressources de VIP



## III. Projet ReproVIP

WP3 – **Appliquer** nos Solutions dans la Recherche en Imagerie

## III. Projet ReproVIP

### WP3 – Appliquer nos Solutions dans la Recherche en Imagerie

#### Etude A (T3.1): Estimation de Paramètres en Spectroscopie RM

##### Objectifs

- Quantifier la variabilité introduite par plusieurs sources
- Déterminer des intervalles de confiance sur les paramètres

## III. Projet ReproVIP

### WP3 – Appliquer nos Solutions dans la Recherche en Imagerie

#### Etude A (T3.1): Estimation de Paramètres en Spectroscopie RM

##### Objectifs

- Quantifier la variabilité introduite par plusieurs sources
- Déterminer des intervalles de confiance sur les paramètres

#### Etude B (T3.2): Segmentation Automatique de Tumeurs Cérébrales

##### Objectifs

- Mesurer l'influence du prétraitement d'un volume IRM
- Etudier la transférabilité d'une version à l'autre du logiciel

# III. Projet ReproVIP

[<https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE45-0024>]

## Résumé

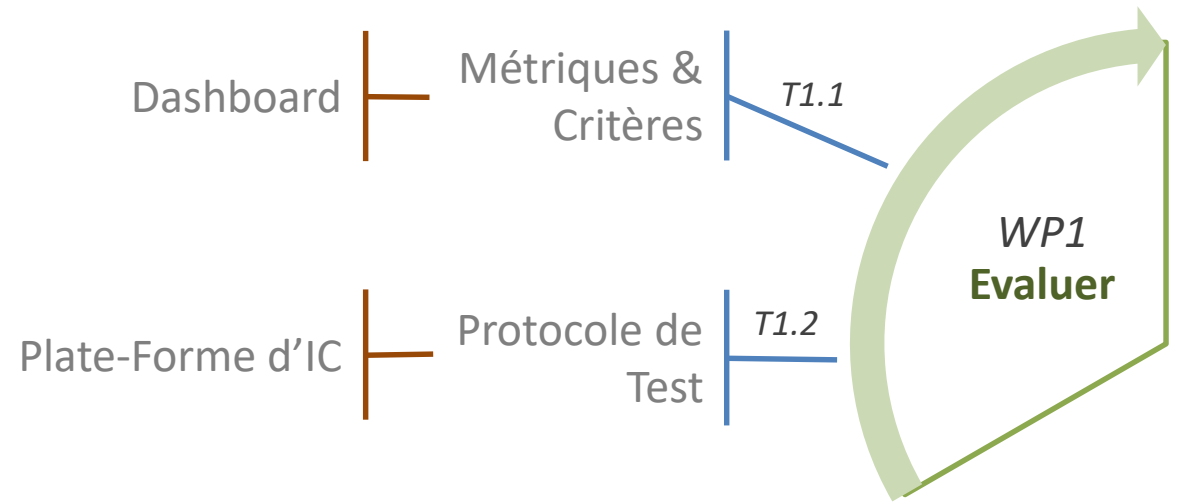


# III. Projet ReProVIP

[<https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE45-0024>]

## Résumé

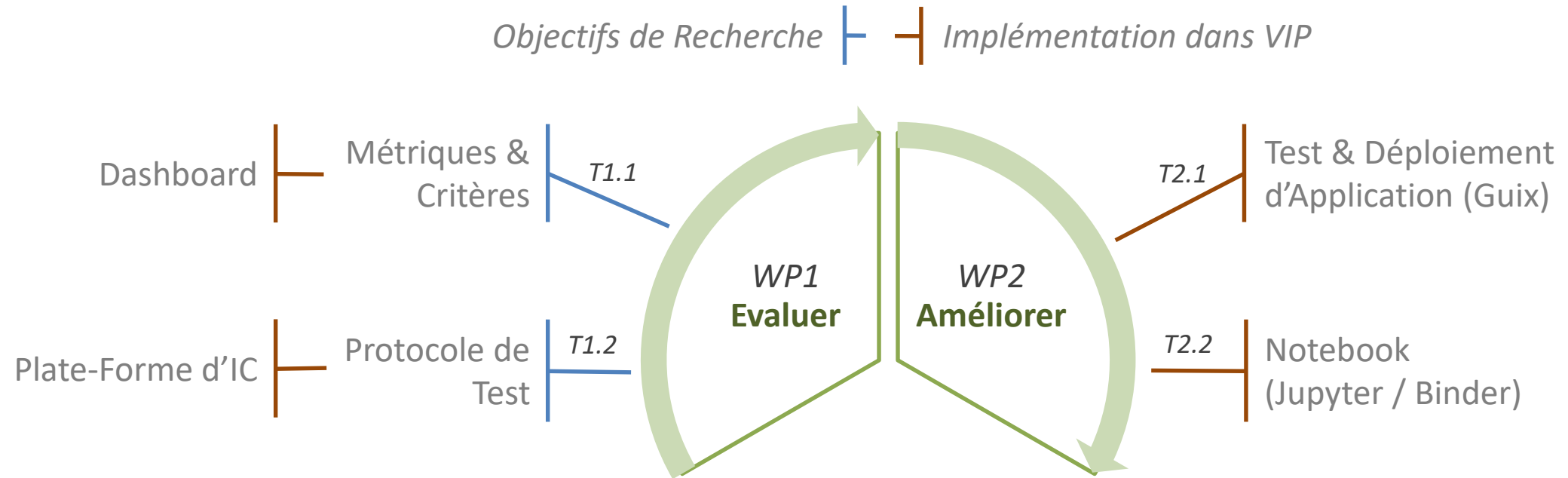
Objectifs de Recherche |—| Implémentation dans VIP



# III. Projet ReprVIP

[<https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE45-0024>]

## Résumé

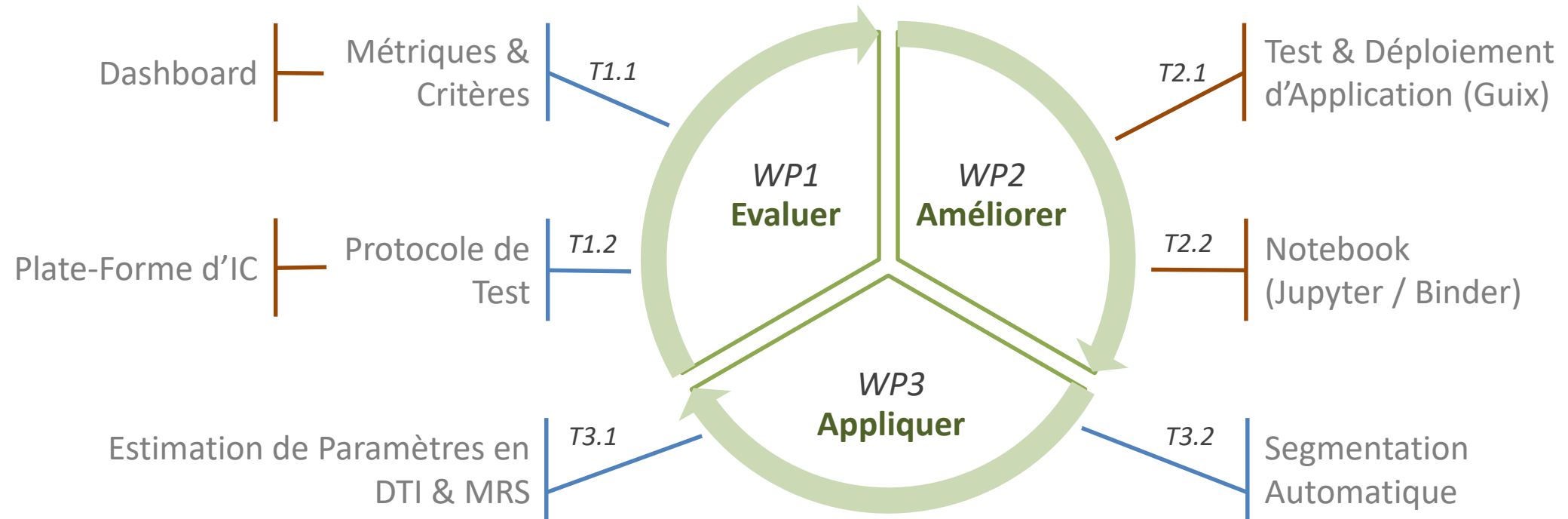


# III. Projet ReprVIP

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

## Résumé

Objectifs de Recherche |—| Implémentation dans VIP





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 Calcul et Données – 10/10/2022 – Dijon