



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>

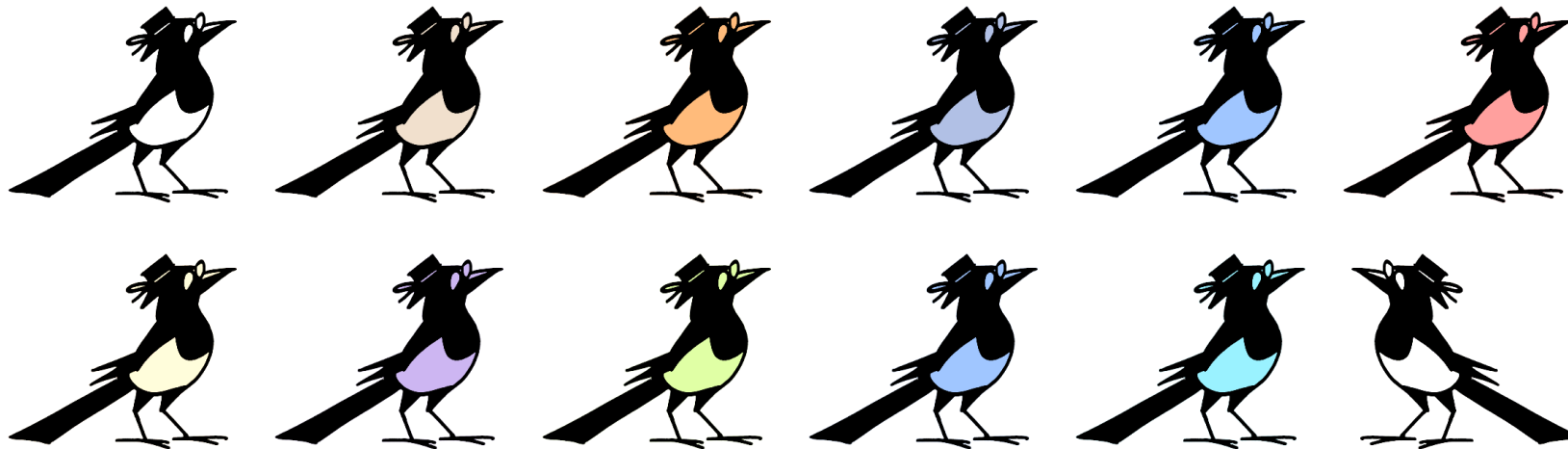
Submitted on 27 Feb 2023

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

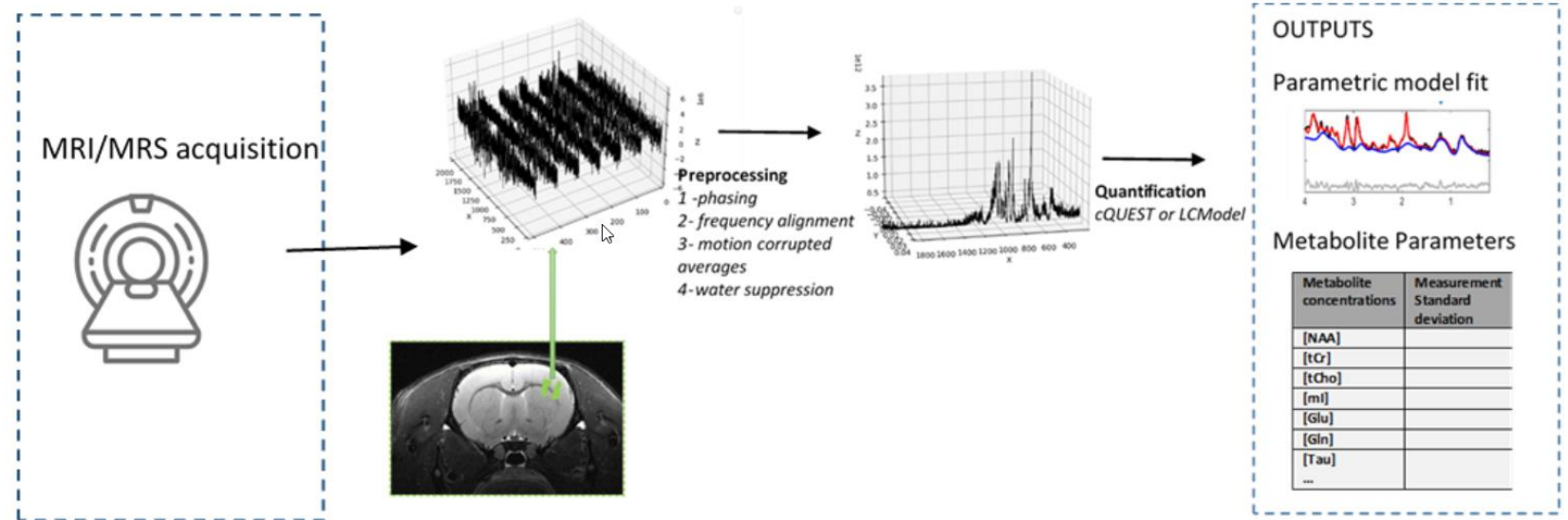
II. Critères de Reproductibilité

III. Projet ReproVIP

I. Sources de Variabilité en Imagerie Médicale

A. La Méthodologie de Recherche

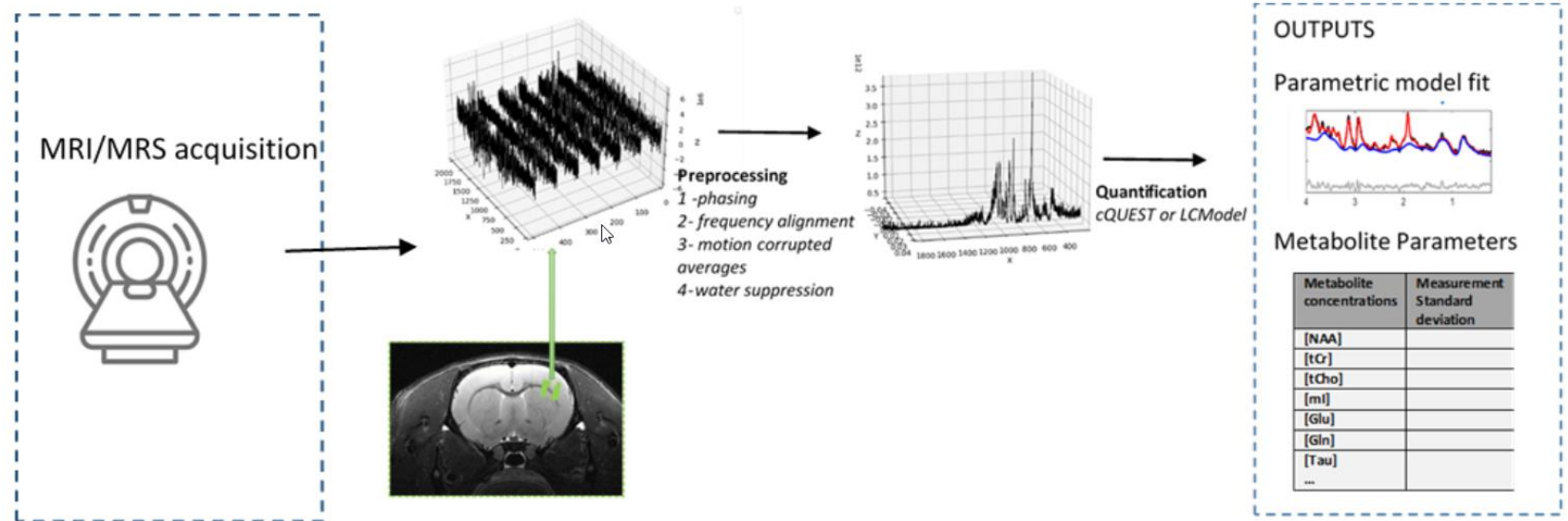
Pipeline: quantification d'un métabolite en Spectro RM



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

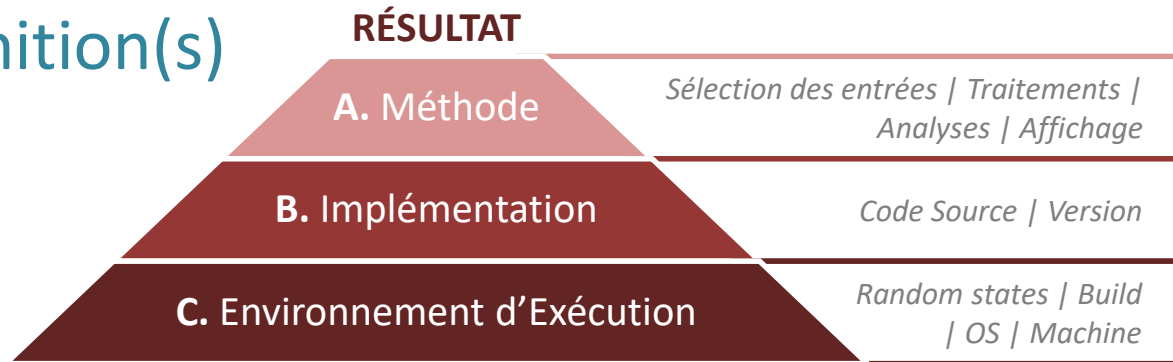
- Génération de Nombres Aléatoires
- Instabilités Numériques
- Parallélisation

Variations Inter-Machines

- Architectures
- Composants

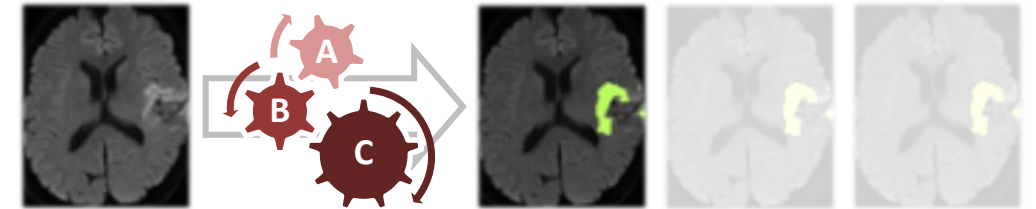
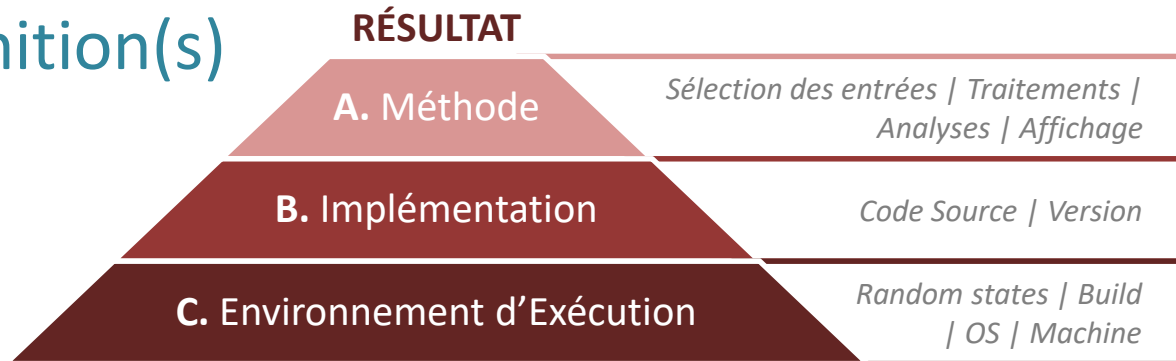
II. Critères de Reproductibilité

Définition(s)



II. Critères de Reproductibilité

Définition(s)

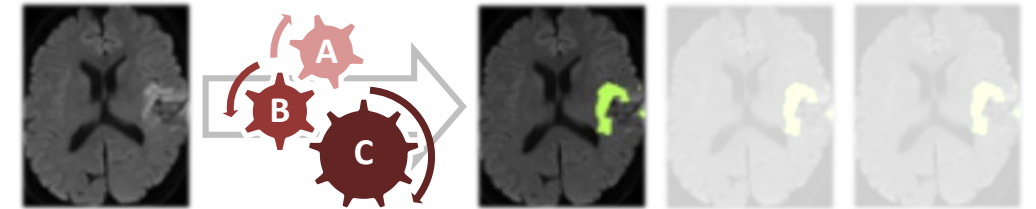
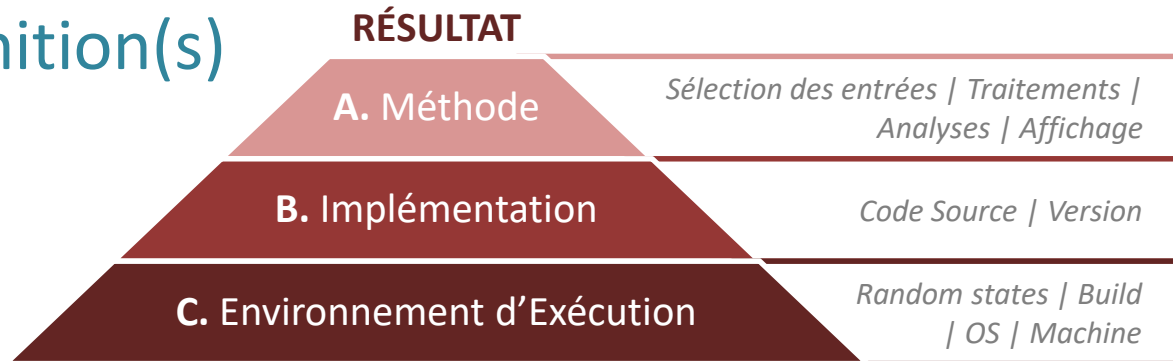


Reproductibilité

- 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

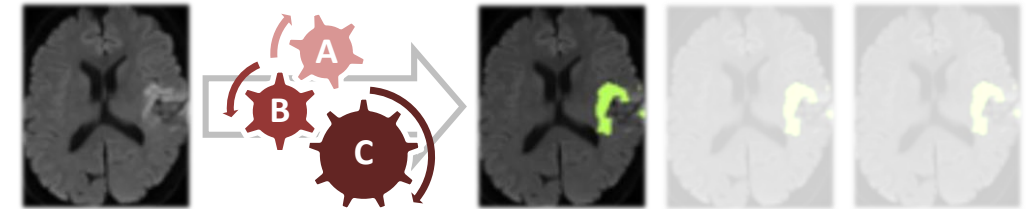
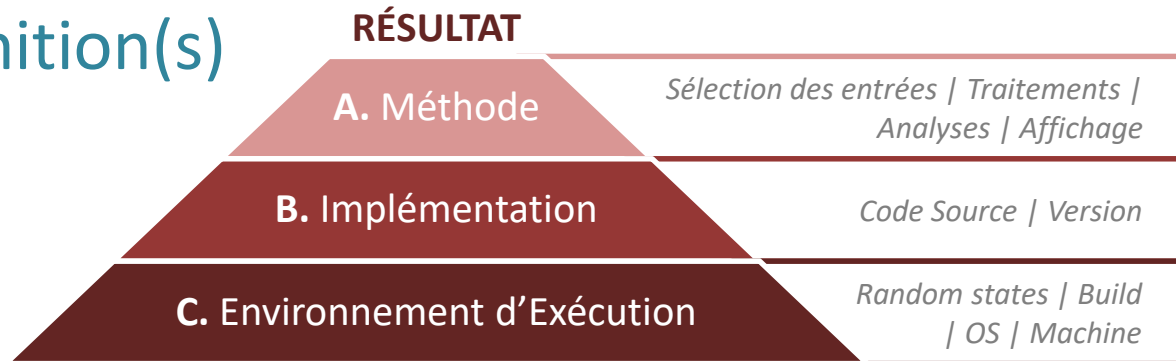
- Capacité d'un processus à générer des **résultats identiques** en réappliquant les **mêmes calculs** avec les **mêmes ressources** sur les **mêmes entrées** (A + B + C)

≠ 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

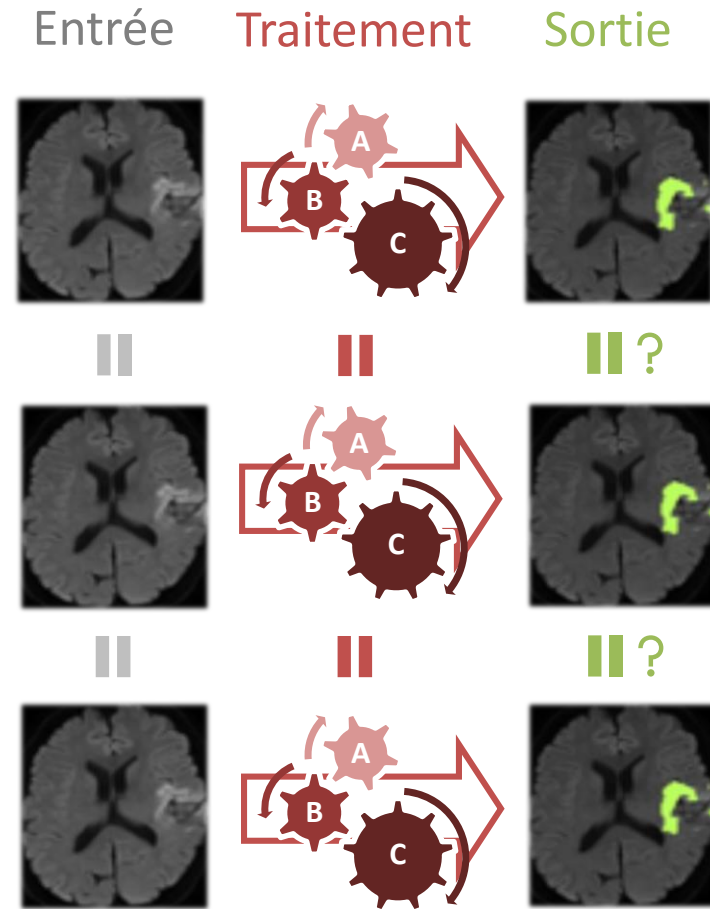
- Capacité d'un processus à générer des **résultats identiques** en réappliquant les **mêmes calculs** avec les **mêmes ressources** sur les **mêmes entrées** (**A + B + C**)

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 ?

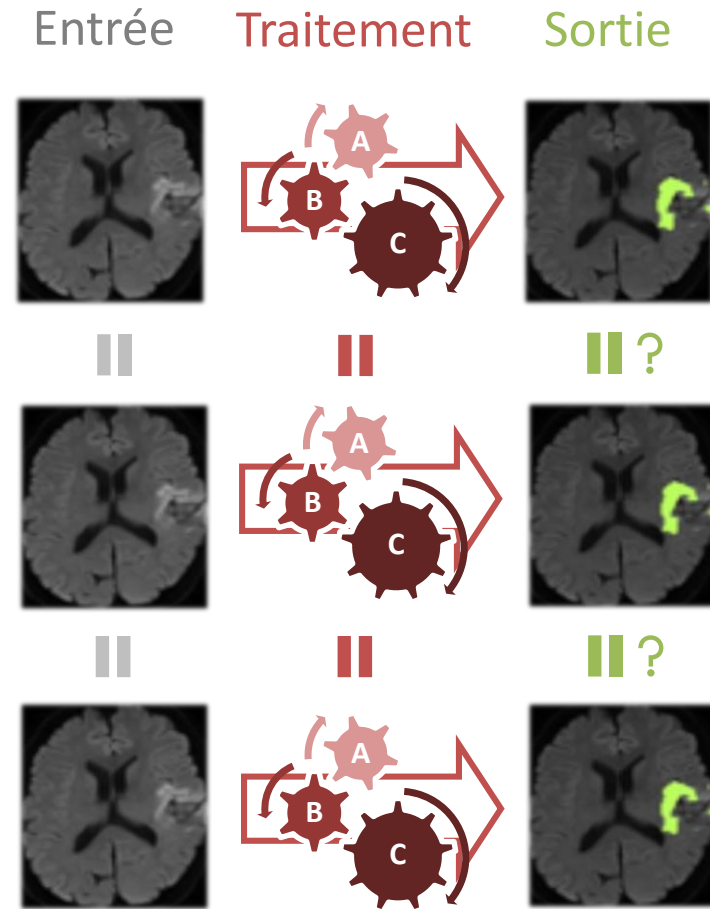


II. Critères de Reproductibilité

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 ?

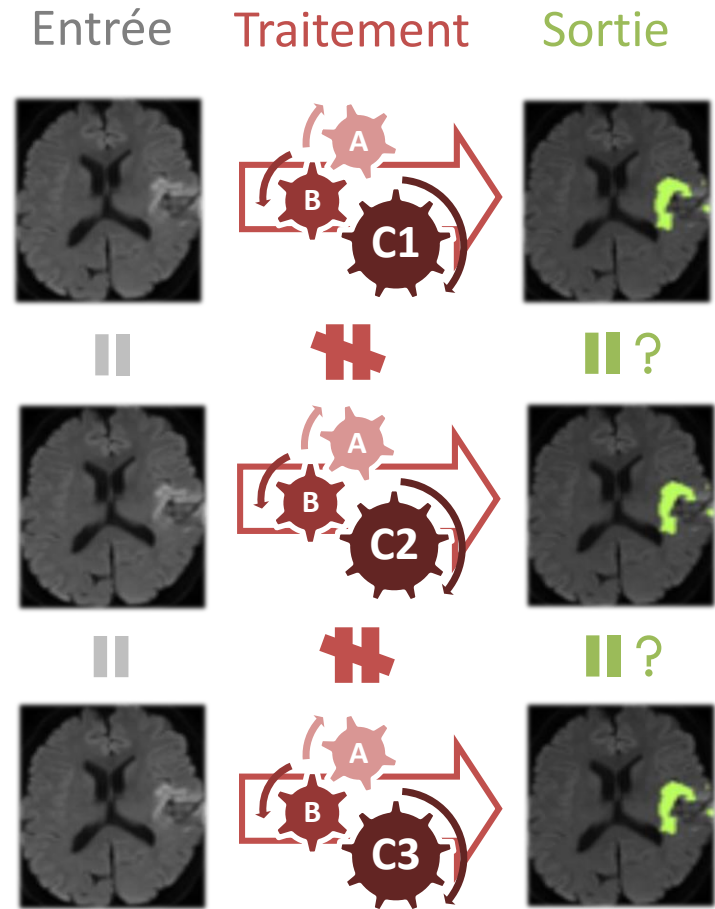
Réponse triviale : **reproductibilité bit-à-bit**

- 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*



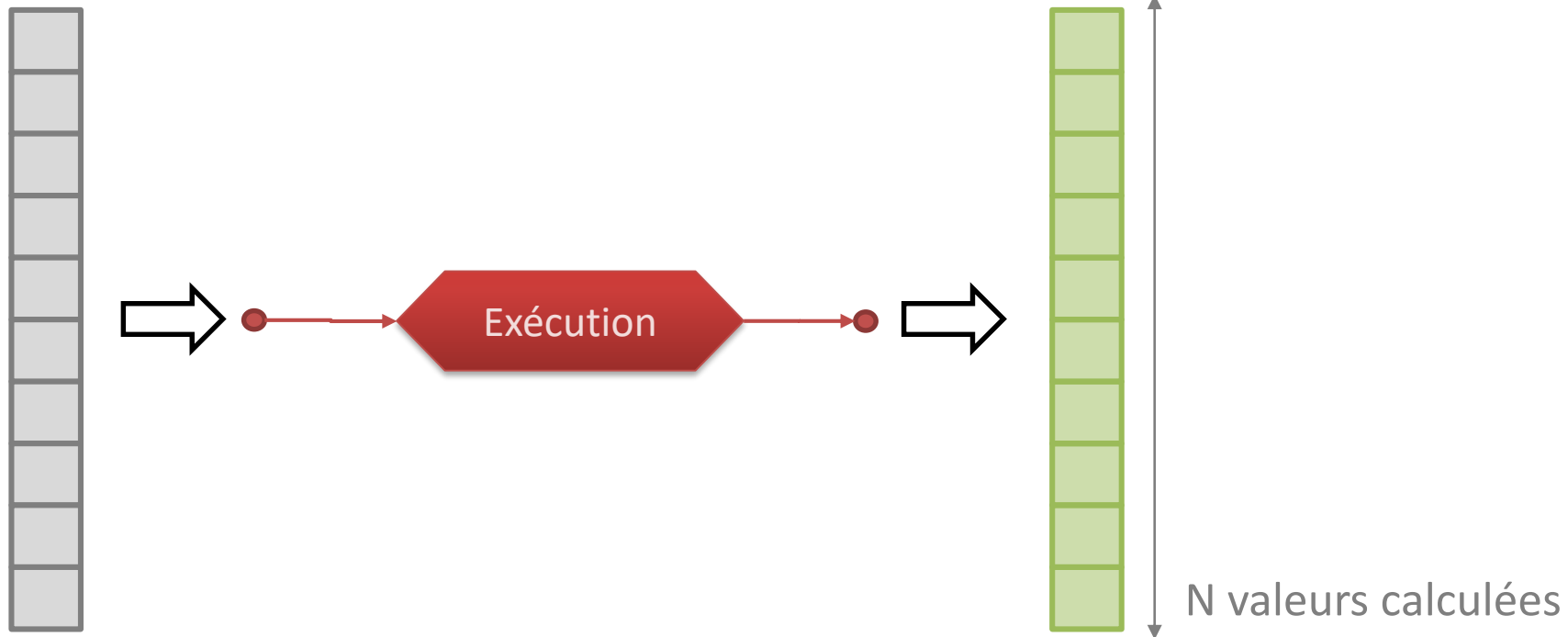
II. Critères de Reproductibilité

Préservation des valeurs (exemple)

Données d'Entrée

Traitement

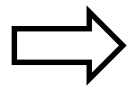
Valeurs en Sortie



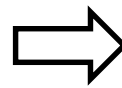
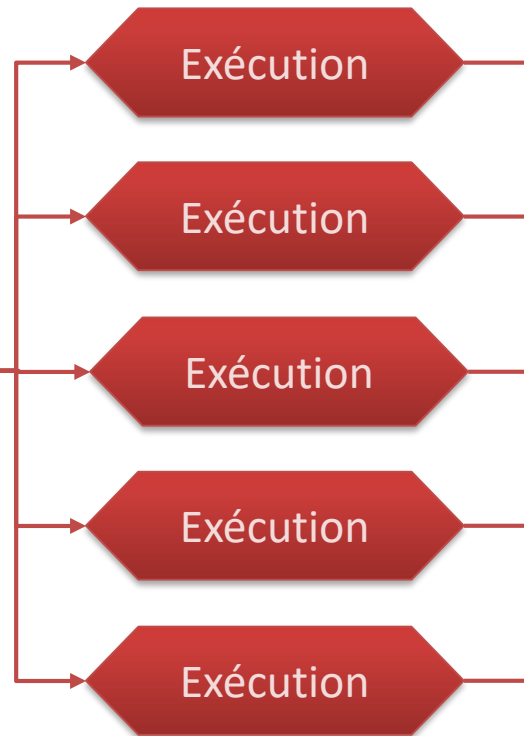
II. Critères de Reproductibilité

Préservation des valeurs (exemple)

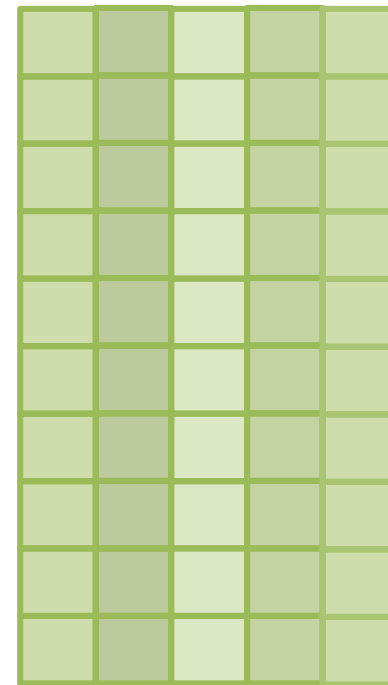
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



N valeurs calculées

K exécutions du traitement

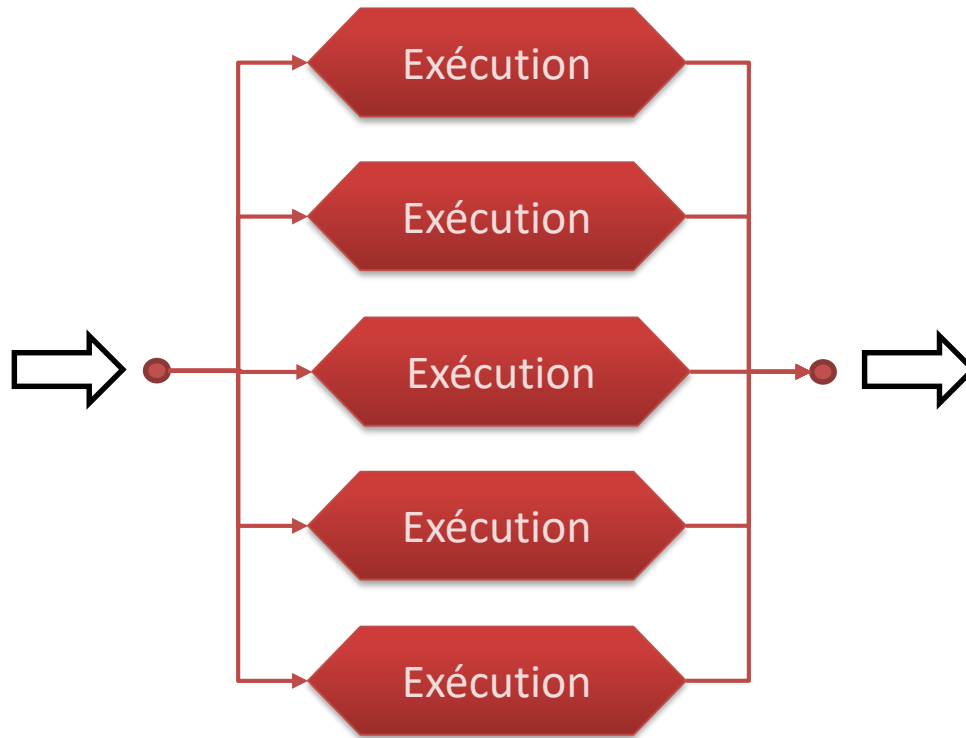
II. Critères de Reproductibilité

Préservation des valeurs (exemple)

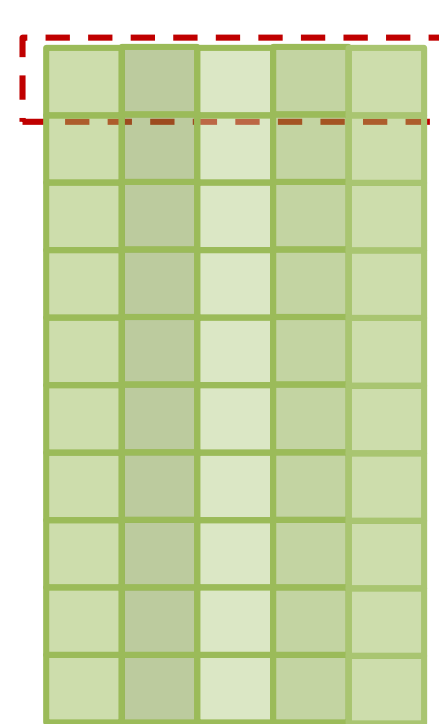
Données d'Entrée



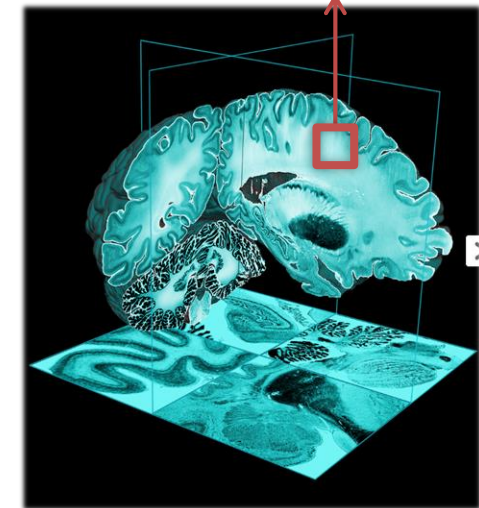
Traitement



Valeurs en Sortie



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



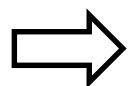
N sujets disponibles

K exécutions du traitement

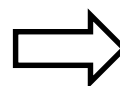
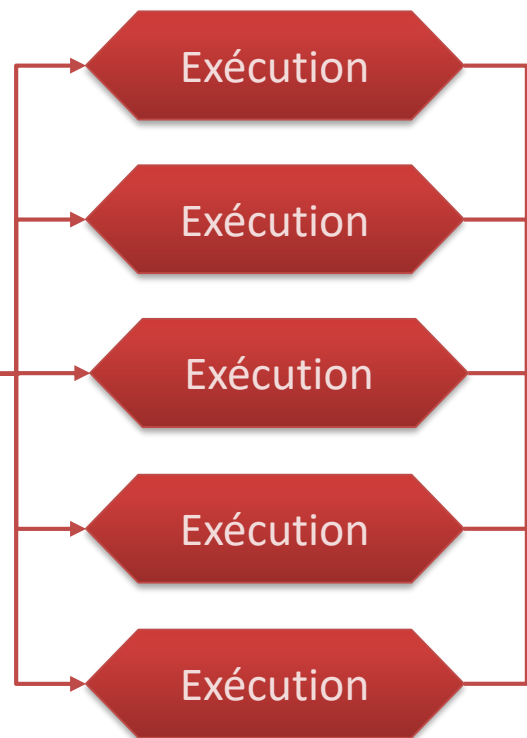
II. Critères de Reproductibilité

Préservation des valeurs (exemple)

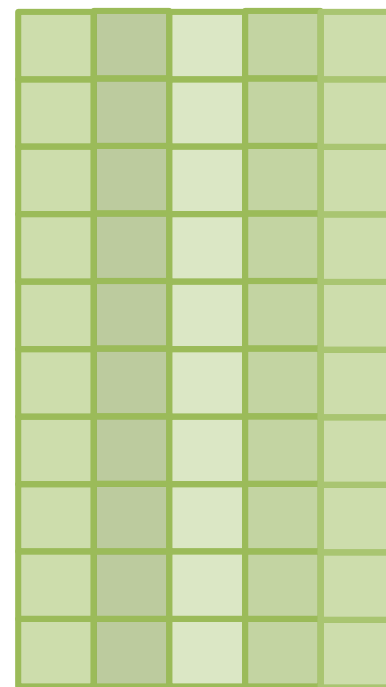
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



N sujets disponibles



K exécutions du traitement



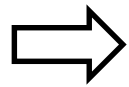
Le traitement est « reproductible » si :

Variabilité inter-exécutions
 <<
Variabilité inter-sujets

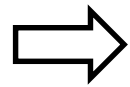
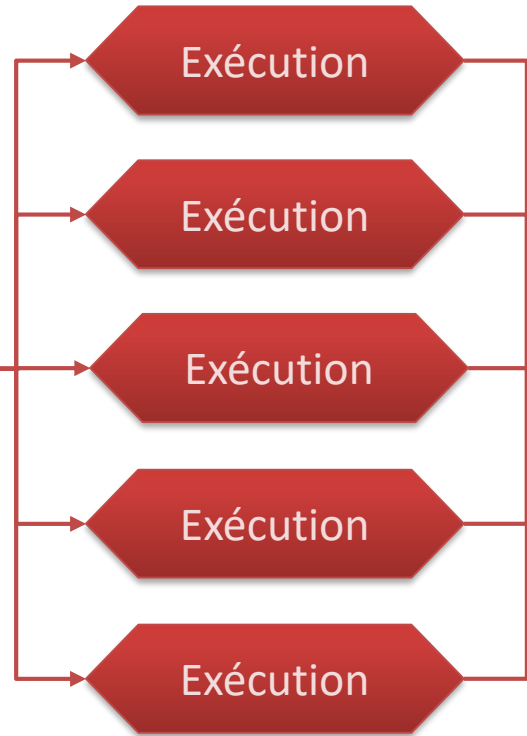
II. Critères de Reproductibilité

Préservation des valeurs (exemple)

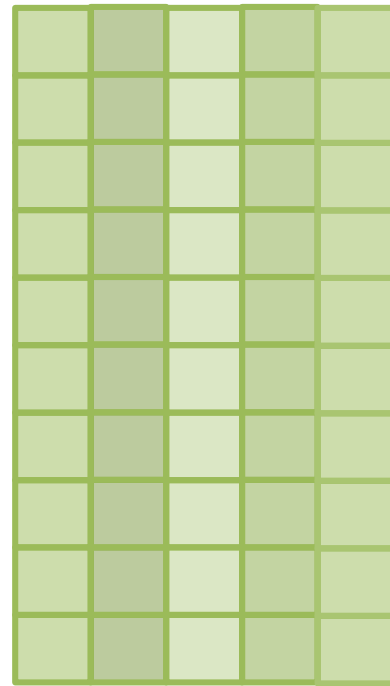
Données d'Entrée



Traitement



Valeurs en Sortie



Le traitement est « reproductible » si :

Variabilité inter-exécutions



Variabilité inter-sujets

→ Métriques génériques

Fiabilité Test-Retest

→ Métriques spécifiques à l'application

Coeff. Dice / RMSE / ...

N sujets disponibles

K exécutions du traitement

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	X		X
Préservation des conclusions	X		X

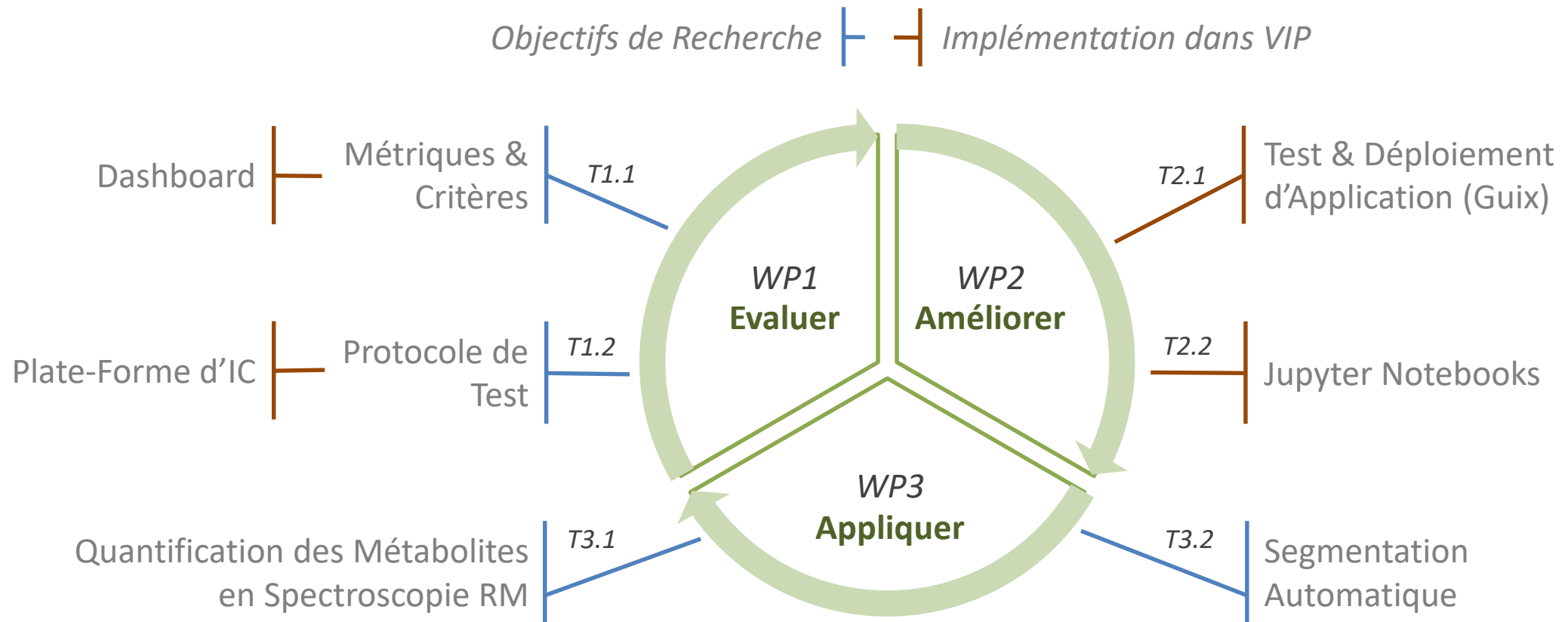
Cas d’Usage B: Segmentation Automatique de Tumeurs Cérébrales

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