

Bilan NEEDS 2016

Projet PERMIS

Projet Exploratoire de Recherche de Méthodologies Innovantes pour les Scénarios

17 / 12 / 2016

Subatech Nantes :

Nicolas Thiolliere, Fanny Courtin, Baptiste Leniau

IPN d'Orsay :

Xavier Doligez, Abdul Aziz Zakari, Alice Somaini

LPSC Grenoble :

Adrien Bidaud, Federico Casella

LNC / IRSN Fontenay :

Jean-Baptiste Clavel, Yann Richet, Léa Tillard

LECy CEA :

Guillaume Krivtchik, Romain Eschbach

AREVA Paris :

Bertrand Carlier



- Contexte du projet PERMIS
 - Les scénarios et l'interdisciplinarité
 - Rôles et limites du Scénario Electronucléaire
 - Objectifs du projet PERMIS
- Résultats du projet PERMIS
 - Redéfinition de la méthodologie
 - Exercice académique
- Conclusions et perspectives

Systemes et scénarios

Input

Modélisation

Output

- Simulation de réacteurs
- Modèles physiques
- Dév. et util. des codes

Mathématiques appliquées

- Propagation d'incertitude
- Etudes de sensibilités

Sociologie

- Construction d'hypothèses
- Critères d'évaluation
- Analyses reflexives

Economie

- Construction d'hypothèses
- Intégration des couts
- Critères d'évaluation

Informatique

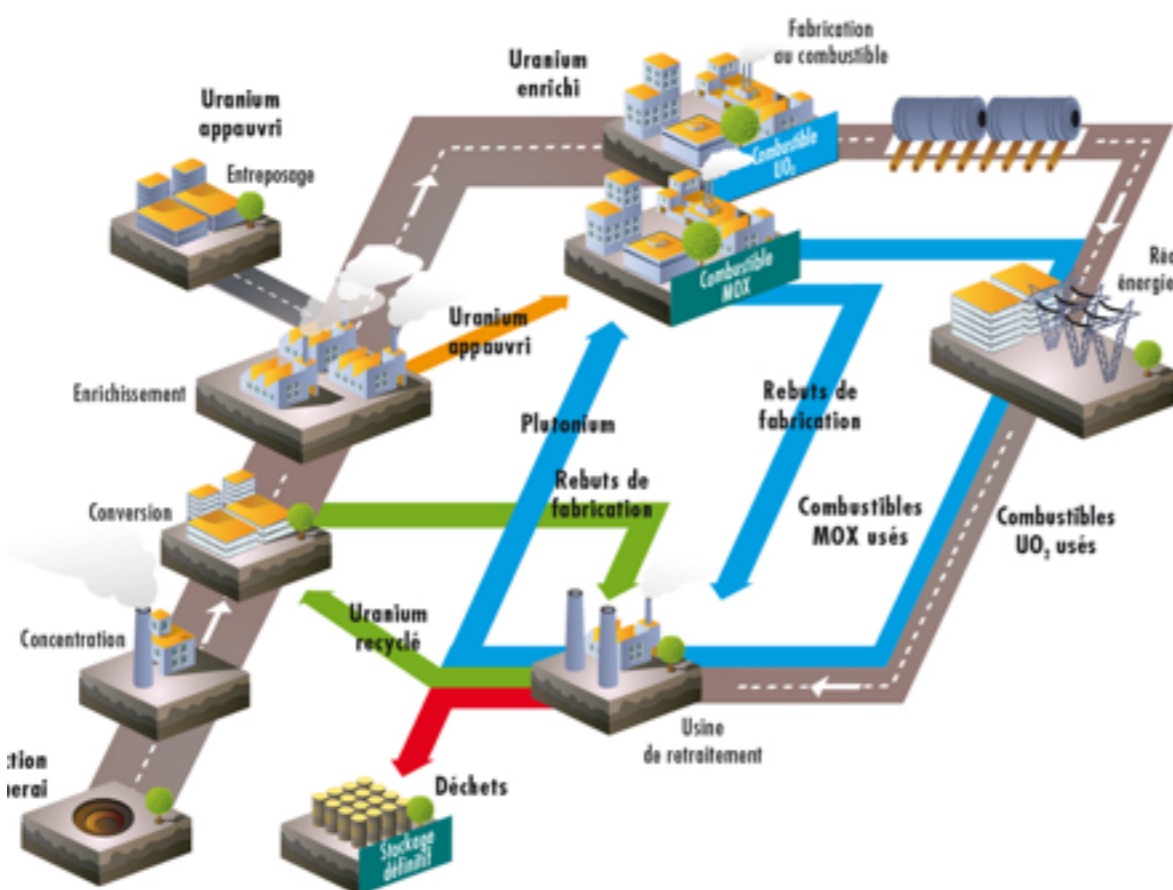
- Qualité de code
- Performance du code

Géologie

- Contraintes minerais
- Quantités, débits, qualité

- Les études de modélisation dynamique du cycle nucléaire permettent
 - d'analyser et comprendre la physique du cycle
 - de fédérer des recherches interdisciplinaires
 - d'aider la prise de décision?

(cf NEEDS / PRISE)



INPUT

- Parc @ t=0
- Evolution des unités
- Evolution des liens
- Hypothèses opérationnelles

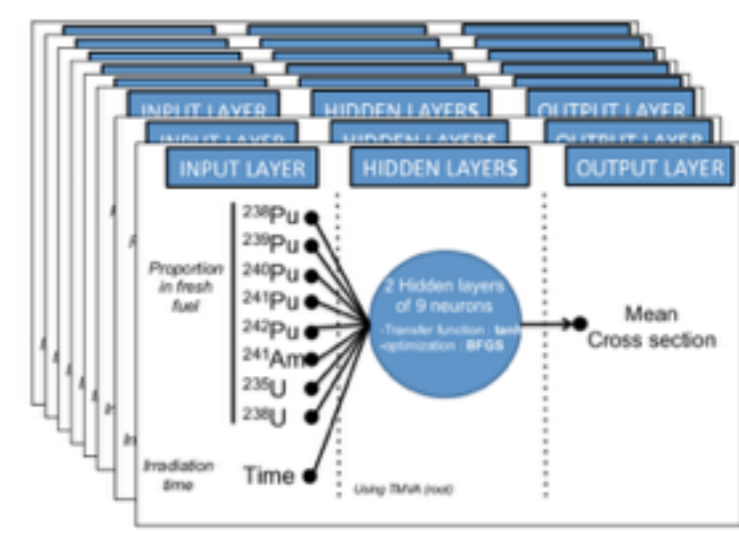
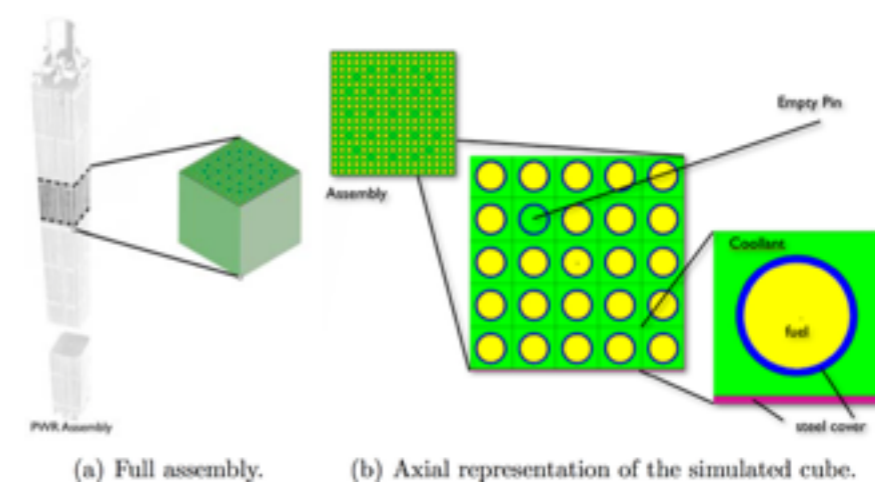
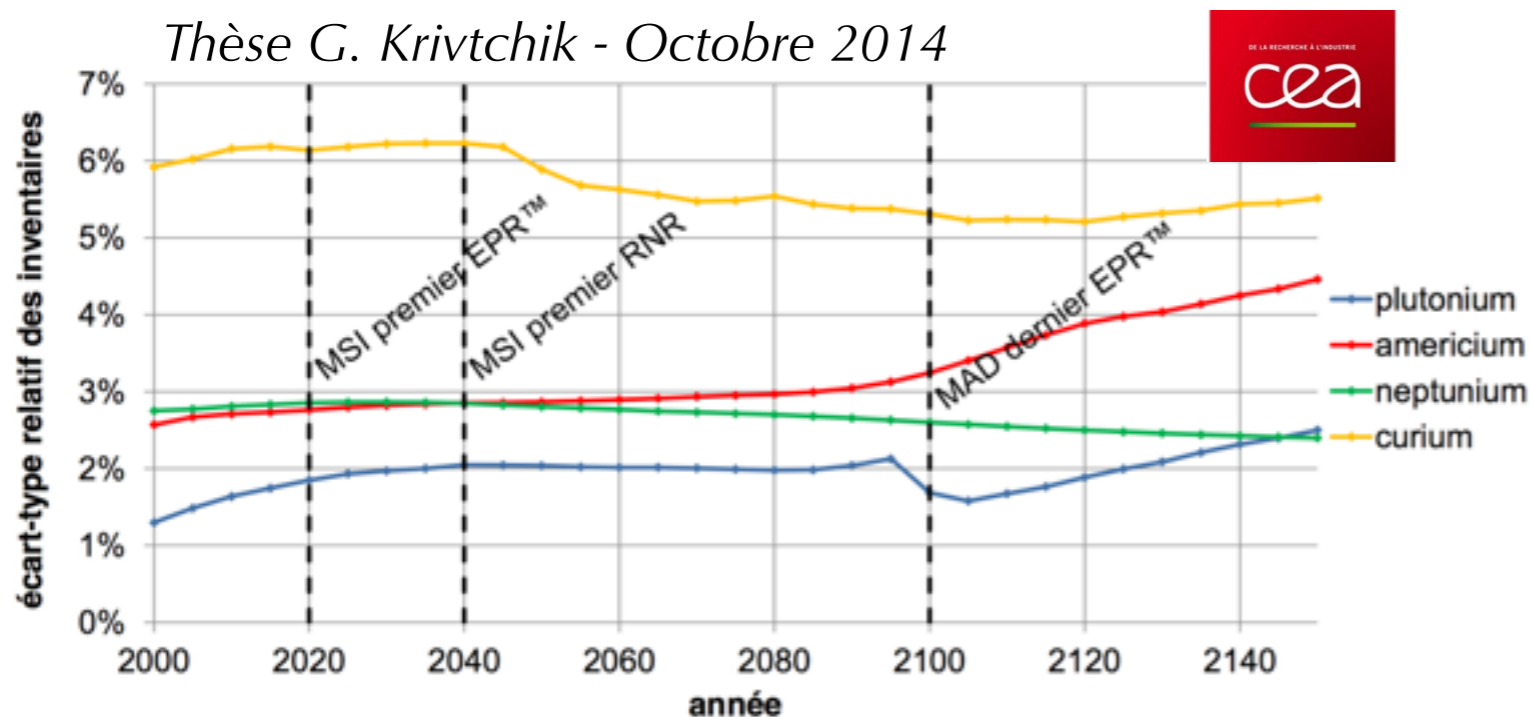
MODELE

CLASS, COSI, COSAC, CYCLUS, DANESS, etc...

OUTPUT

- Evolution de l'inventaire
- Echanges de matière
- Données dérivées

- Un scénario repose sur un ensemble d'hypothèses opérationnelles
 - Paramètres des installations (BU, Temps de refroidissement, de fabrication, etc.)
 - Stratégie de gestion des combustibles usés
 - Instant et durée de déploiement des technologies
- Un scénario intègre un ensemble d'incertitudes qui se propagent
 - Simplification de la modélisation système
 - Simplification de la modélisation scénario
 - Données nucléaires



- Améliorer la confiance dans les outils de simulation du cycle
 - Estimation des inventaires et des échanges de matière ▶ Projet PERMIS
 - Calcul du cout actualisé du kW_{he} ▶ Projet MI/DIESE, IGNIS, OPTIMIX
 - Analyse du rôle et usage des scénarios ▶ Projet PRISE
- Analyse de la propagation des erreurs / incertitudes / biais systématiques dans les études de scénarios électronucléaires
- Trois outils de simulation dynamique du cycle
 - CLASS (CNRS - IRSN)
 - COSI (CEA)
 - COSAC (AREVA)



- Le calcul massif de scénarios devient accessible
 - Augmentation des puissances de calcul
 - Utilisation du machine learning comme prédicteur de données neutroniques

Echantillonnage

Variables d'entrée

Paramètres

Calcul

Modèle

Propagation
d'erreur

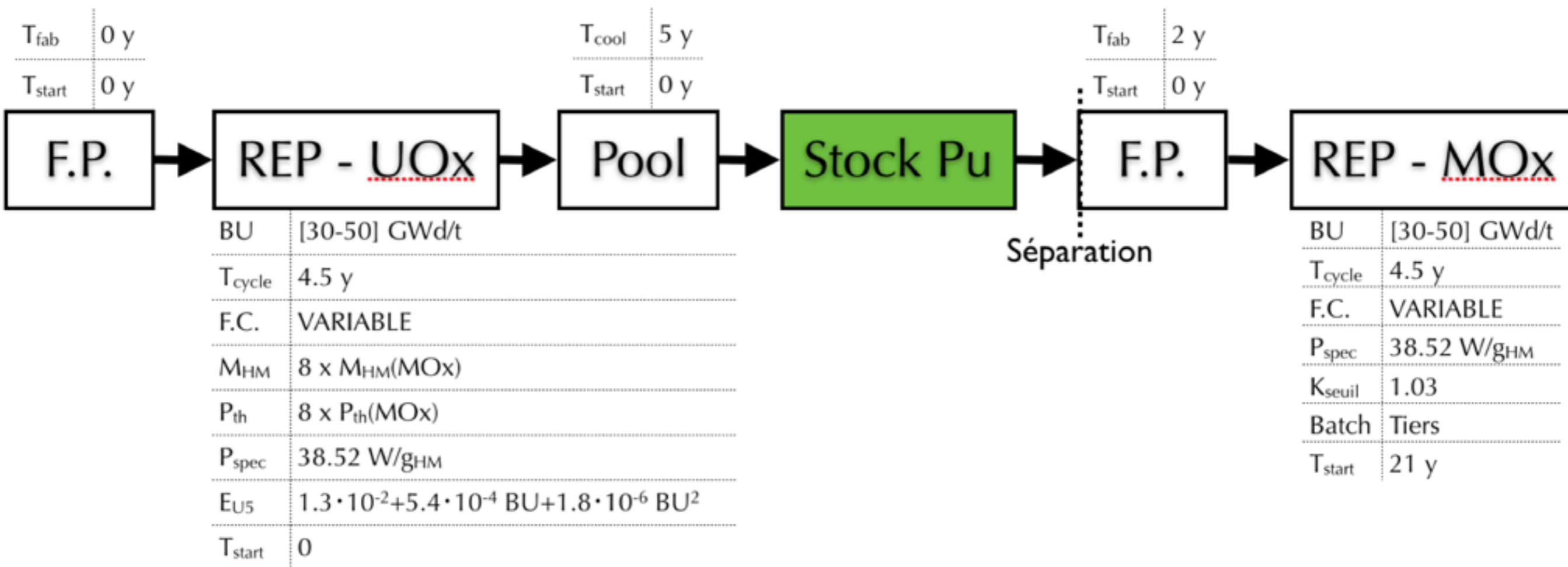
Analyse des
distributions

Variables de sortie

Représentation

- Utilisation des méthodes de l'analyse de sensibilité
 - Distribution des facteurs incertains
 - Echantillonnage
 - Choix et calcul des sorties du modèle
 - Analyse des distributions des variables de sortie

- Dans un parc de PWR avec mono-recyclage du plutonium, quel est l'espace des Burn-Up PWR-UOX et PWR-MOX qui stabilise le stock de plutonium utilisé par les REP-MOX ?

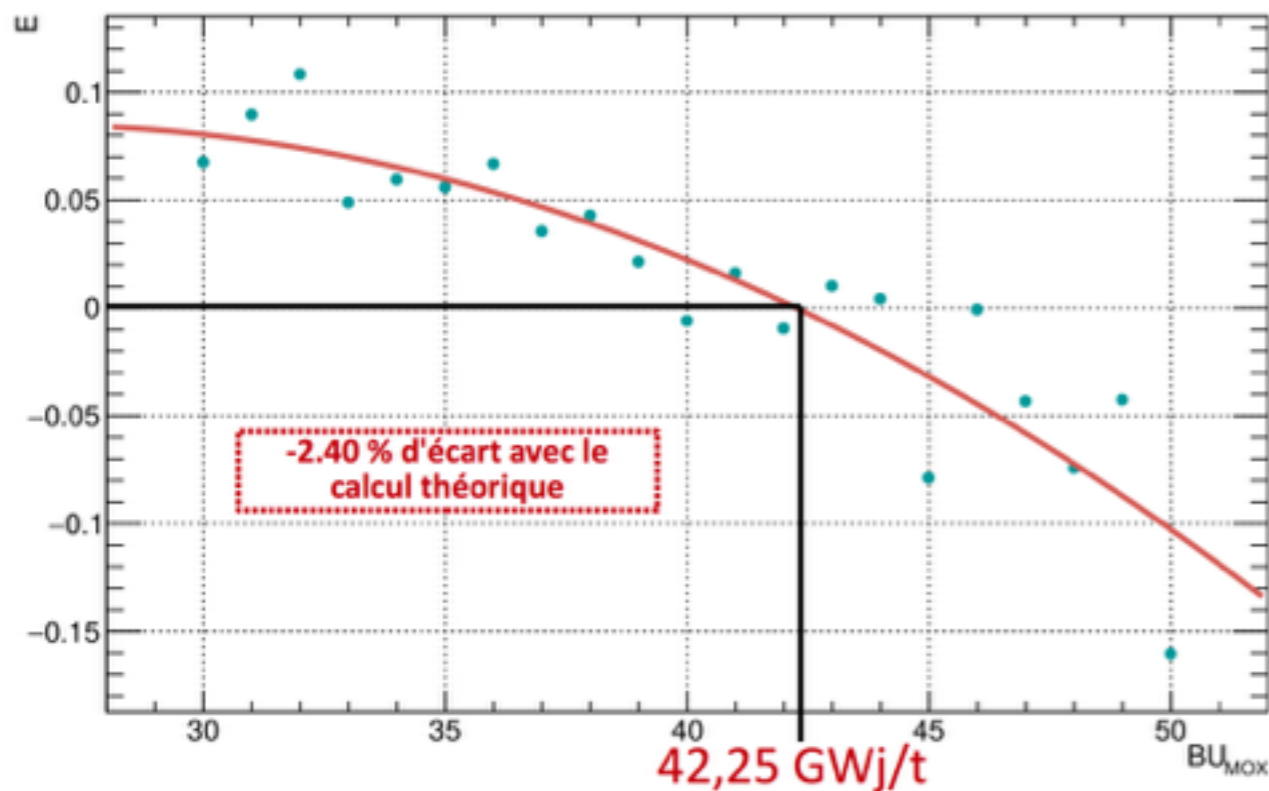


- La séparation du Pu se fait à la demande lorsque le REP-MOX appelle de la matière
- La gestion du stock Pu est Last In First Out (LIFO)
- Pas en BU = 1 GWd/t, soit 21x21 = 441 simulations

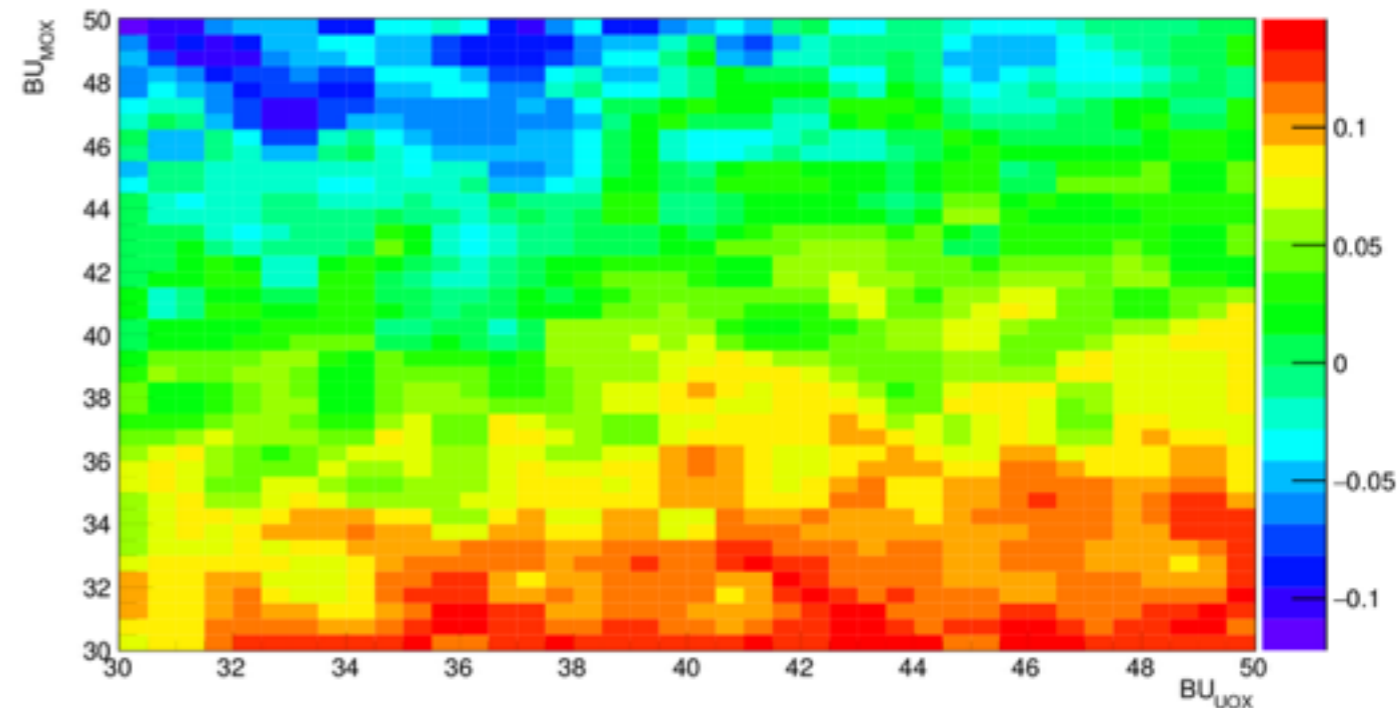
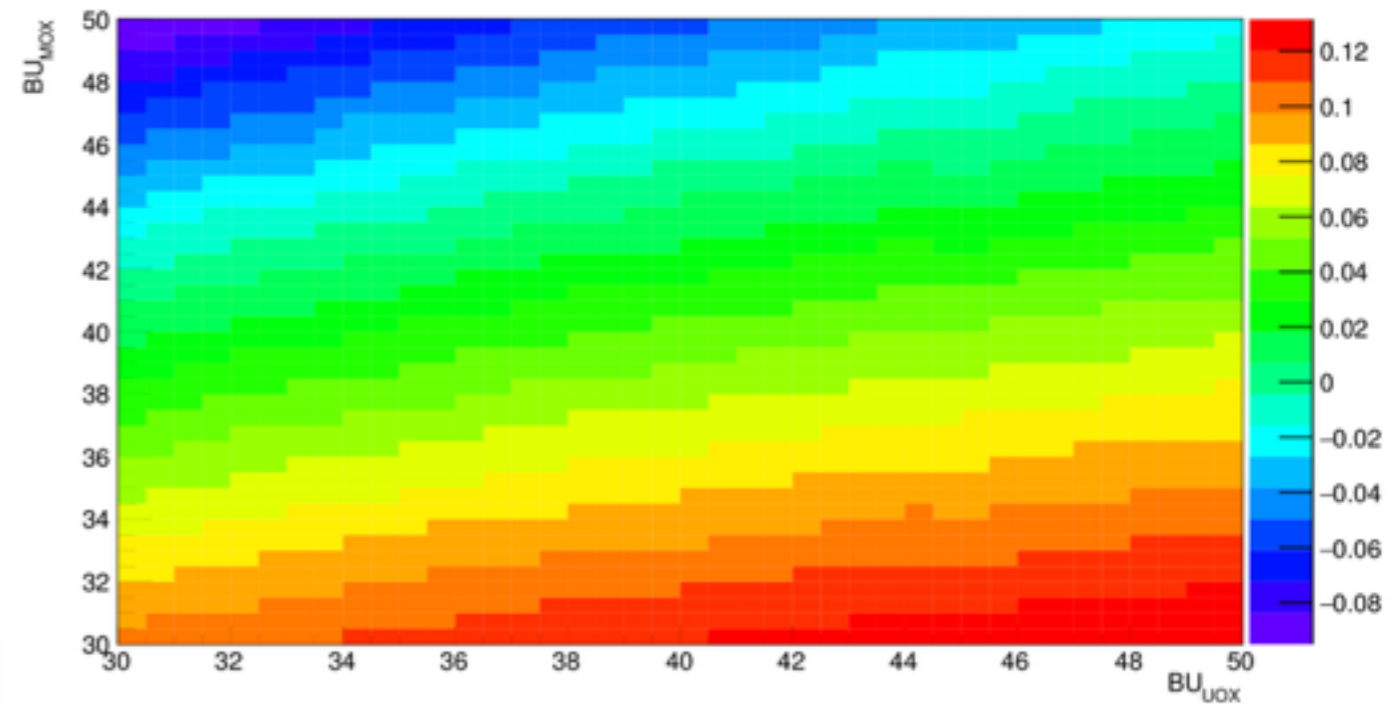
Condition d'équilibre

$$OBS = \frac{M_{239Pu}(t + T) - M_{239Pu}(t)}{M_{239Pu}(t)}$$

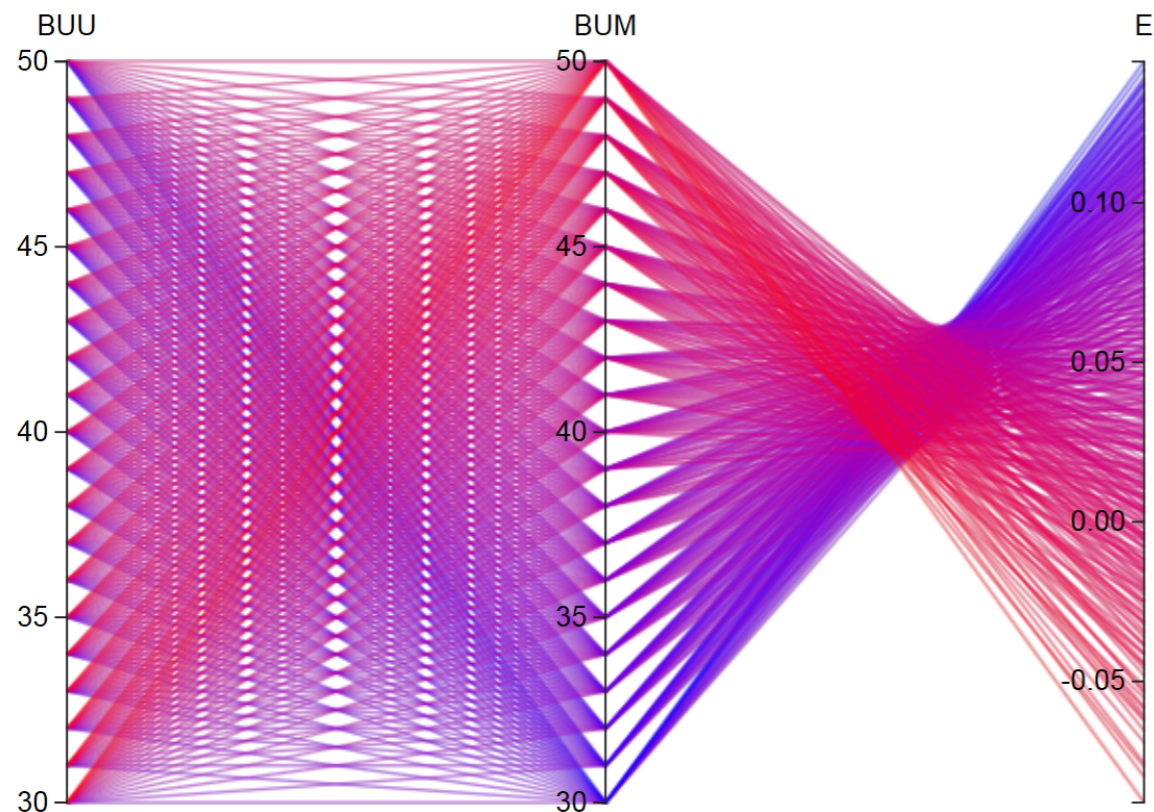
- Calculs CLASS
- Pavage de l'espace BU
- $21 \times 21 = 441$ calculs
- $OBS = \Delta M(^{239}\text{Pu})$ en Stock
- Erreur sur le Pu [-4% - +4%]
- Erreur sur le k_{inf} [-1% - +1%]
- RND pour chaque scénario



Fanny Courtin, CNRS

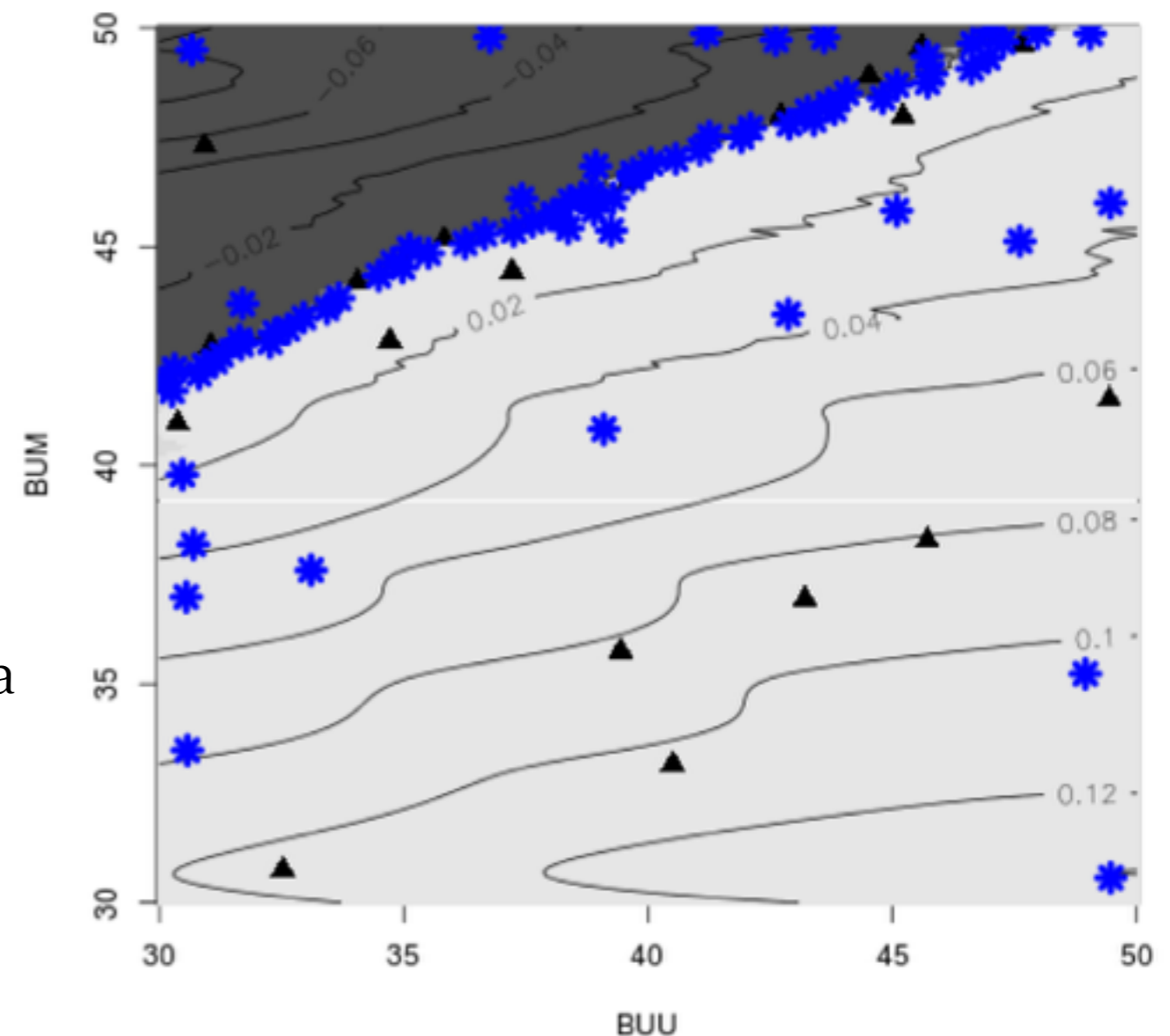


Léa Tillard, IRSN



- Algorithme SUR (Stepwise Uncert. Red.)
- Découpage de l'espace en fonction de la Proba d'atteindre un objectif
- 110 simulations
- Fonction réponse obtenue par krigeage

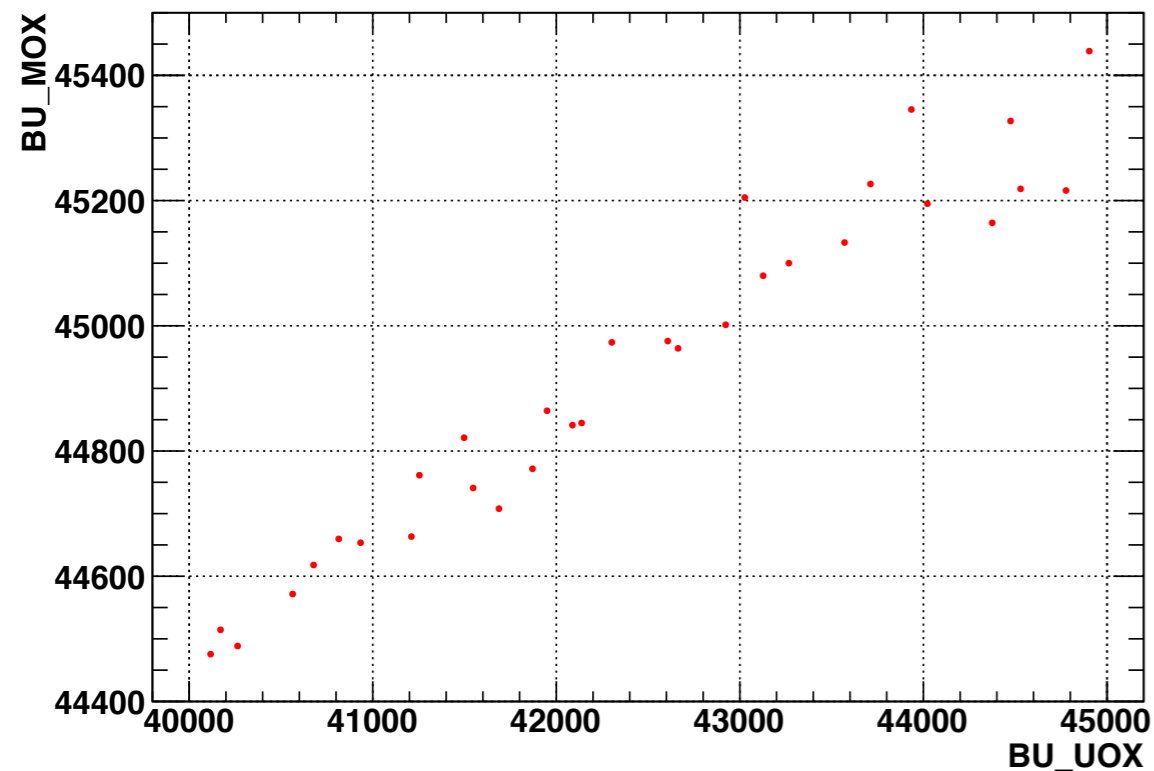
- Calculs CLASS
 - Pavage de l'espace BU
 - $21 \times 21 = 441$ calculs
 - OBS = $\Delta M(^{239}\text{Pu})$ en Stock
- pn(x) after 8 iterations of SUR



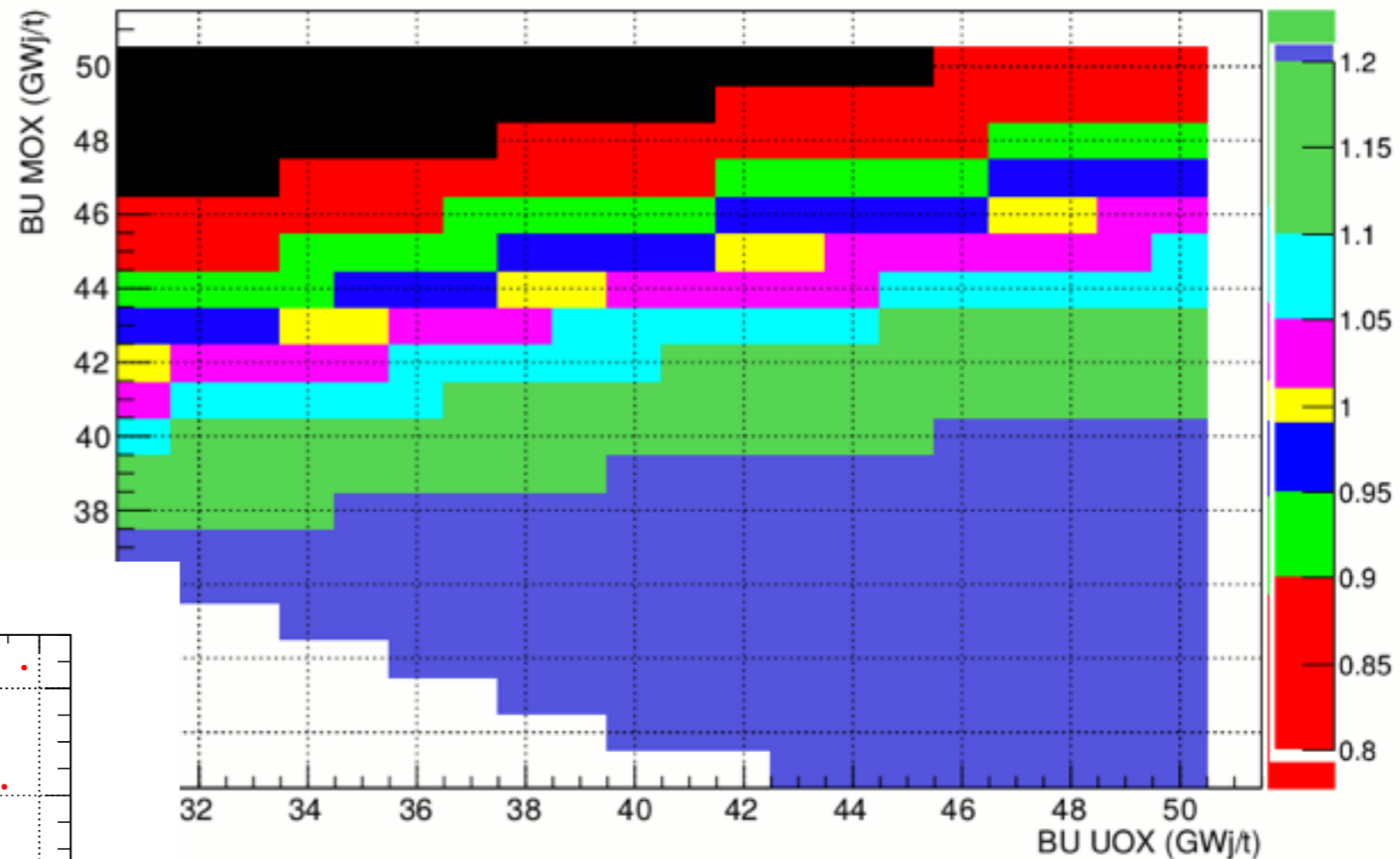
Guillaume Krivtchik (CEA)

- Calculs COSI
- Pavage de l'espace BU
- Pert. Pu par Gpe de Scenarios
- 21x21x9 calculs

Scatterplot BU_MOX:BU_UOX



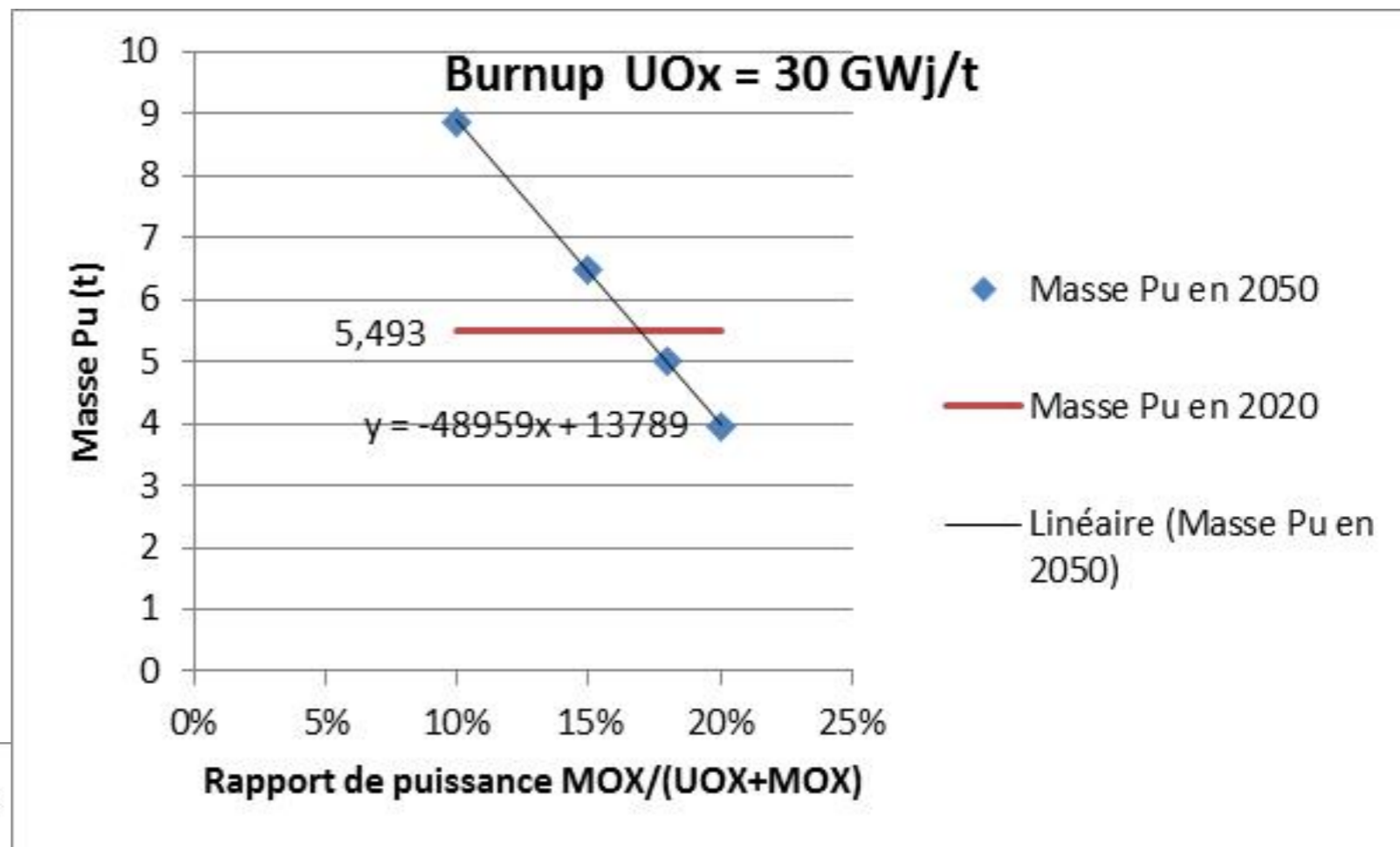
perturbation Pu : 0.000000



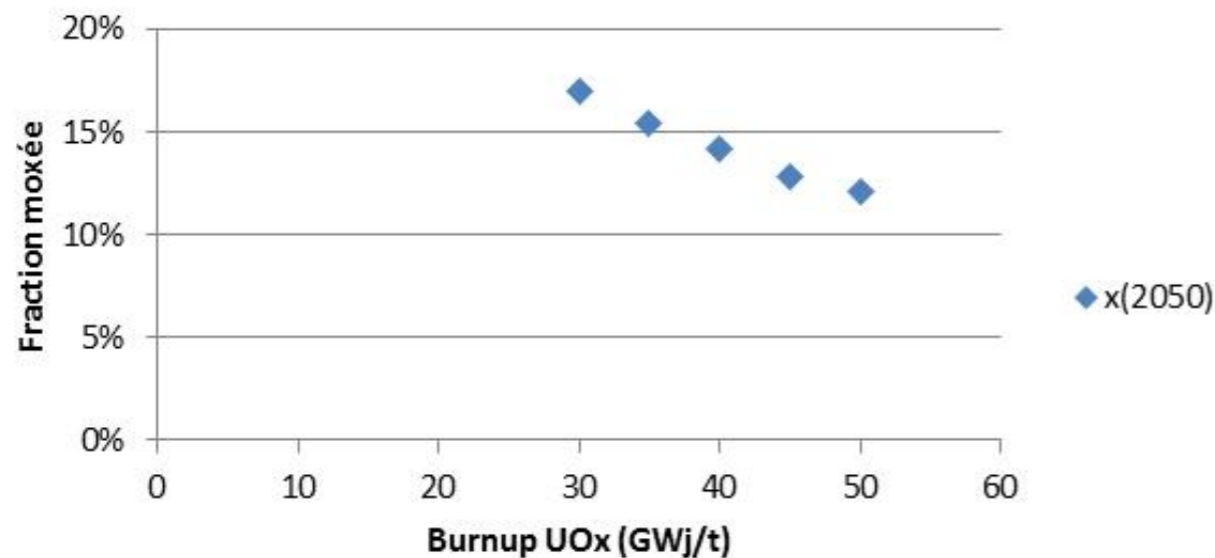
- Echantillonnage des BU UOX et MOX
- Optimisation par algo. génétique

Bertrand Carlier (AREVA)

- Calculs COSAC
- Pavage Fraction MOx
- Masse Pu 2020 = 2050



Fraction de puissance moxée qui réalise l'équilibre Pu



- Puissance MOx qui « équilibre » le Pu
- Fonction du BU UOx

Conclusions et perspectives

CONCLUSIONS et PERSPECTIVES PERMIS #1

- La prise en compte des incertitudes introduits du bruit dans les outputs scenarios
- Les résultats semblent toujours accessibles après propagation des incertitudes
- Analyse, inter-comparaisons des résultats et des sensibilités
- « Pousser » les méthodes d'optimisation

PERMIS #2

- Equipe sensiblement identique
- Exercice similaire mais étendu vers une transition RNR-Na
- Prise en compte des corrélations entre variables incertaines
- Intégration de mathématiciens du GdR MaNu (...?)

APPORT DE NEEDS

- Fournit un cadre à la communauté de « scénaristes »
- Apport des mathématiques appliquées indispensable