

COSAC - AREVA NP

Bertrand CARLIER

GEDEPEON – 26 octobre 2010





- 1. COSAC : vue d'ensemble**
- 2. COSAC : composants du code**
- 3. COSAC : statut du code**
- 4. COSAC : exemples d'utilisation**

COSAC - Vue d'ensemble

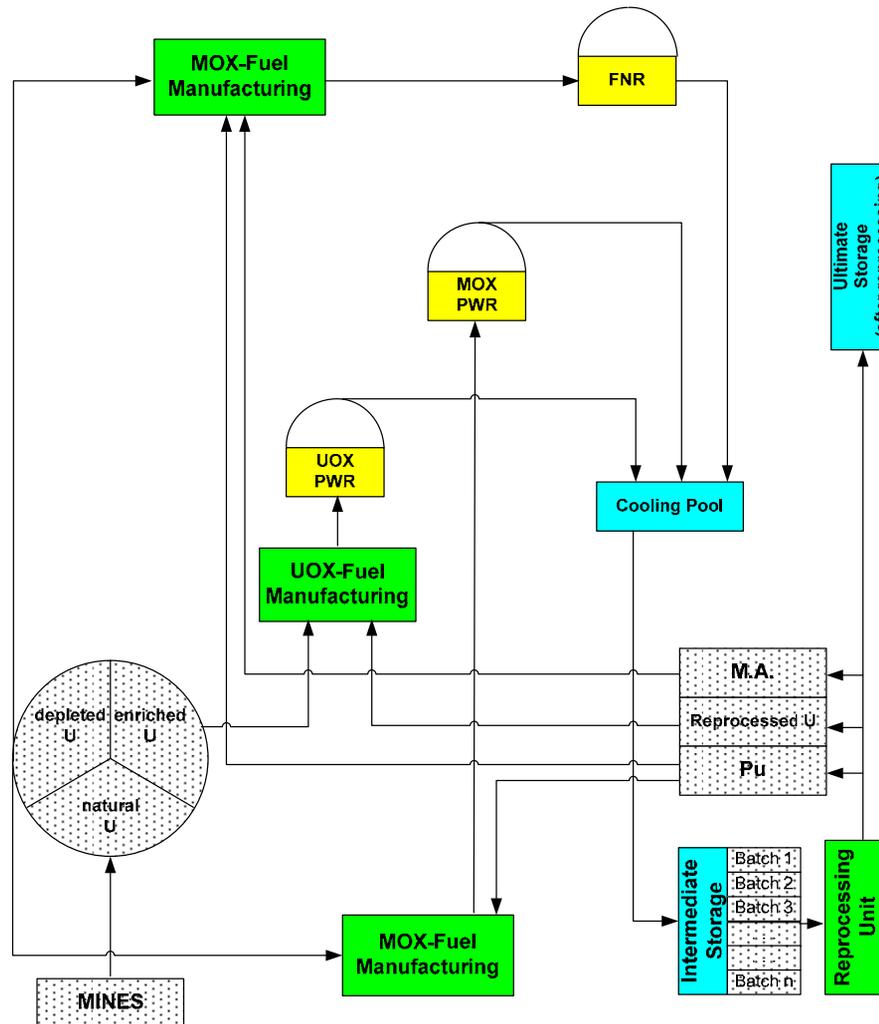
Domaine d'application



- ▶ **COSAC** : simule le cycle du combustible au cours du temps, défini librement par l'utilisateur en connectant des installations paramétrables
- ▶ **Installations disponibles** : mines, stocks, usines de fabrication et de traitement, réacteurs, piscines de refroidissement, etc.
- ▶ **Données de sortie calculées** : inventaires massiques, proportions isotopiques, puissance résiduelle et radiotoxicité
- ▶ **Principe** : calcule les évolutions isotopiques de la matière à l'intérieur de chaque installation, et les flux de matière circulant entre les installations

COSAC - Vue d'ensemble

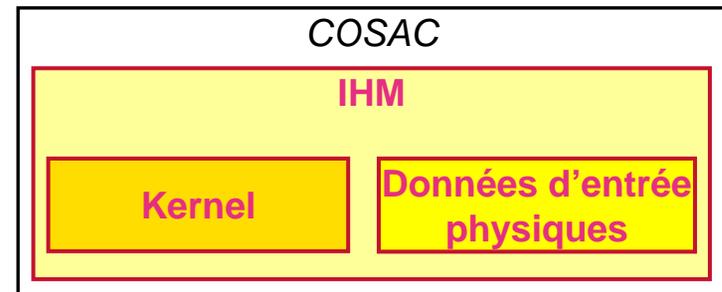
Scénario schématique



COSAC – Vue d'ensemble

Architecture

- ▶ **COSAC comprend 3 composants :**
 - ◆ Interface Homme-Machine (GUI)
 - ◆ Solveur mathématique (Kernel)
 - ◆ Données d'entrée physiques (filières réacteur et types de combustible)



- ▶ **L'IHM et le Kernel sont développés en C++**
- ▶ **Le Kernel est complètement entouré par l'IHM (saisie des données d'entrée – exploitation des données de sortie)**
- ▶ **Chaque composant est géré de façon indépendante et est associé à un numéro de version**
- ▶ **Le Kernel et l'IHM sont compilés sur Windows XP et Linux (Suse 9)**

Edit Reactor

Scenario Scenario1

Name EPR

Facility Type Other

Electrical power (in MWe) 1000

Thermal power (in MWth) 3000

Service lifetime 300

Fuel management data

Discharge burn up (in MWD/t) 45000

Number of irradiation regions 54

Cycle length (in month) 1

Operating data

Load factor (in fraction) 1

Irradiation matrix MATRIX_1

Decay power vector (empty)

Non-proliferation matrix (empty)

Radiotoxicity (empty)

Evolution of the reactor park

Reactor construction dates (YYYY/MM)

Number of active reactors at given date

OK

Edit Manufacturing-Reprocessing plant

Scenario Scenario_EPR_MOX

Edit Equivalence function

Scenario Scenario_EPR_MOX

Name abaque_equivalence_MOX_45

Edit Decay matrix

Scenario Scenario_KBGMOX_puis_EPRMOX_NonRecycle

Name matrice_decroissance

External file Browse

Decay period 12 Month

Matrix elements lines columns

	U239	Pu240	Pu241	Pu242	Np237	Am241	Am242m	Am243	Cm242
U234	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U235	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U236	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U238	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu238	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu239	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu240	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pu241	0	0	0.953	0	0	0	0	0	0
Pu242	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Np237	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Am241	0	0	0.047	0	0	1	0	0	0
Am242m	0	0	0	0	0	0	0.995	0	0
Am243	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Cm242	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cm243	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cm244	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I135	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xe135	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm147	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm148	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm148m	0	0	0	0	0	0	0	0	0

OK Cancel

Pr141 -0.0283935

OK

Generate selection

Table

Autogenerate new table name

Table name Table_1

Show

COSAC – Composants du code *Kernel*



- ▶ À chaque **pas de temps** du scenario :
 - ◆ Calcul des **flux** de matière
 - ◆ **Évolution** isotopique de la matière
 - ◆ Possibilité de calculer la **puissance résiduelle** et la **radiotoxicité**
 - ◆ Possibilité de calculer les **bilans** de masse, de flux, d'énergie produite, etc.

- ▶ Approche simplifiée permettant un bon compromis :
 - ◆ La matière et les flux sont représentés par des **vecteurs**
 - ◆ Les installations sont représentées par des **matrices** qui agissent sur les vecteurs
 - ◆ Les matrices sont déduites de calculs d'évolution **externes** à COSAC
 - ◆ 100 années de scenario sont calculées en **quelques minutes**

- ▶ Utilisable en tant que code autonome (pas d'appel à des codes extérieurs)

COSAC – Composants du code

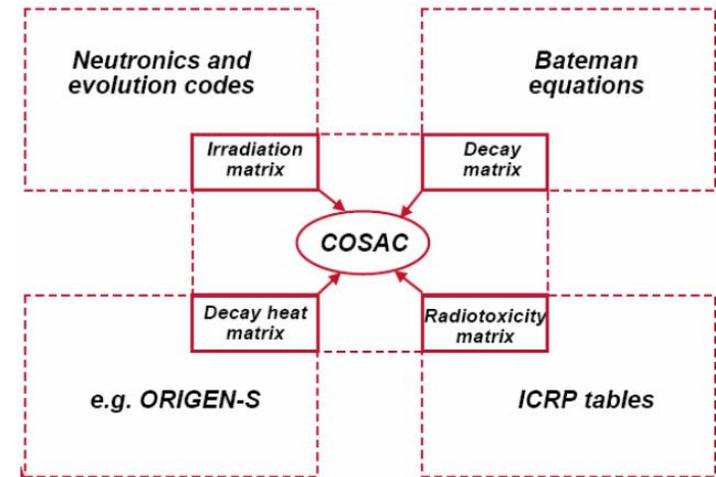
Données d'entrée physiques

► La physique est faite à l'extérieur de COSAC (flexibilité)

➔ Les paramètres physiques sont introduits dans les calculs COSAC par l'intermédiaire de matrices ou de fonctions

► 4 types de matrices :

- Matrices d'irradiation : pour l'évolution sous flux, à partir de codes de neutronique externes tels que APOLLO2-F, CESAR, MONTEBURNS, ORIGEN, etc.
- Matrices de décroissance : pour l'évolution hors flux, à partir de codes résolvant les équations de Bateman hors flux
- Matrice de puissance résiduelle : pour la conversion d'un inventaire massique en chaleur résiduelle
- Matrice de radiotoxicité : pour la conversion d'un inventaire massique en radiotoxicité, à partir de codes donnant le terme source et sa répartition énergétique + tables ICRP



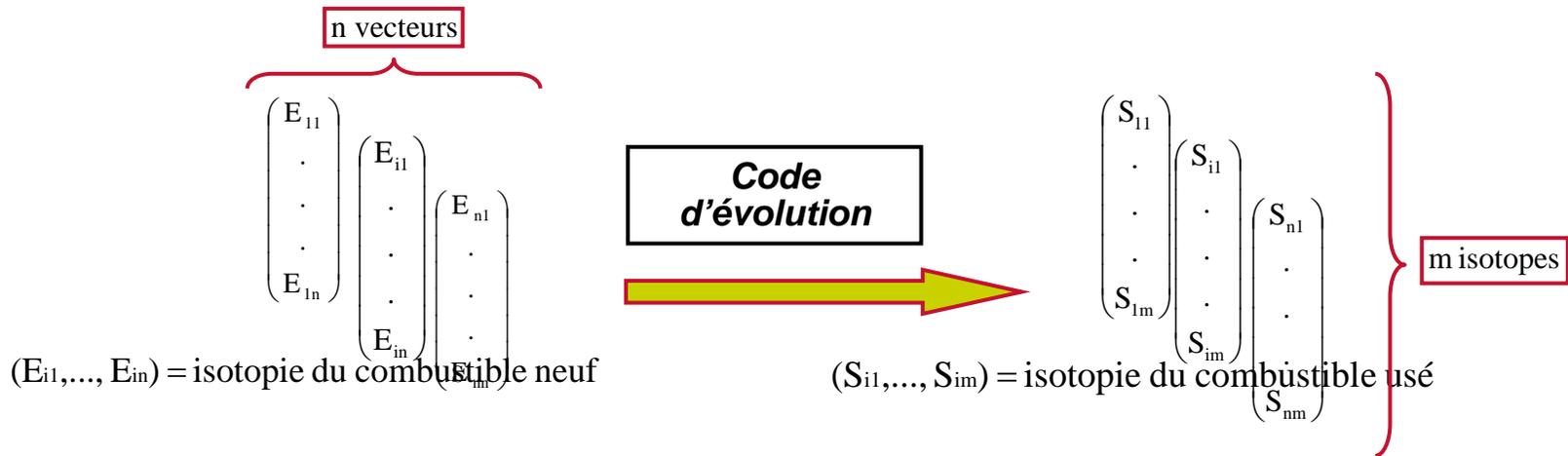
► “Equivalency function” : pour ajuster la teneur Pu dans un combustible MOX en fonction de l'isotopie Pu

► Documentation

- ◆ « Données d'entrée physiques pour COSAC »

COSAC – Composants du code

Matrices d'irradiation



$$\begin{matrix} \text{Spent} \\ \text{fuel} \end{matrix} \left\{ \underline{S} \right\} = \underbrace{\underline{M}_{\text{irr}}}_{\text{Irradiation matrix}} \cdot \left\{ \underline{E} \right\} \begin{matrix} \text{Fresh} \\ \text{fuel} \end{matrix}$$



▶ Validation

- ◆ Tests unitaires
- ◆ Tests de non régression

▶ Qualification

- ◆ Benchmark avec COSI (CEA)
- ◆ Benchmark simplifié avec NFCSS (AIEA)

▶ Documentation disponible

- ◆ COSAC Manuel d'utilisation
- ◆ COSAC Descriptive document
- ◆ Données d'entrée physiques pour COSAC
- ◆ Note de benchmark COSAC/COSI

COSAC - Statut

Postes d'incertitude sur les résultats



- ▶ **Schémas neutroniques de calcul utilisés pour générer les matrices**

- ▶ **Liste tronquée d'isotopes gérés par les matrices**

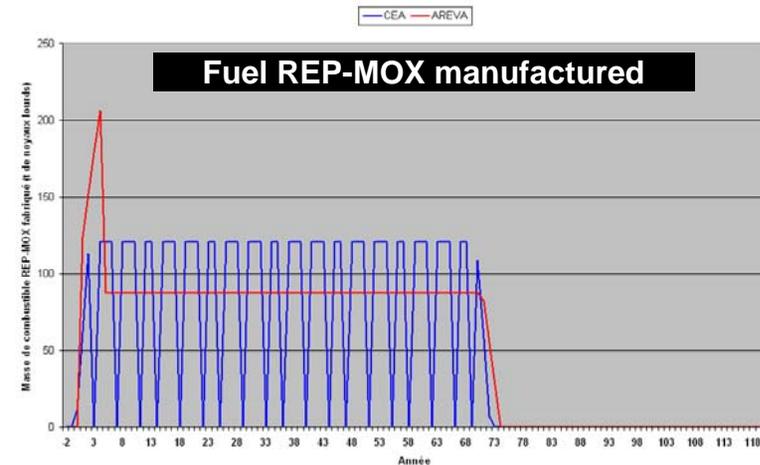
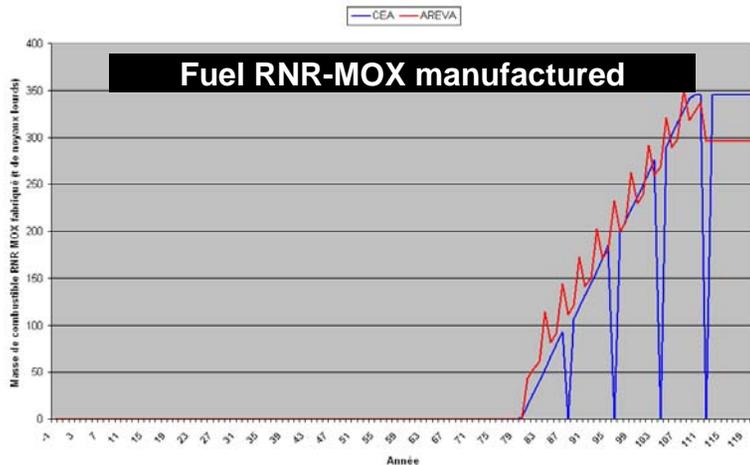
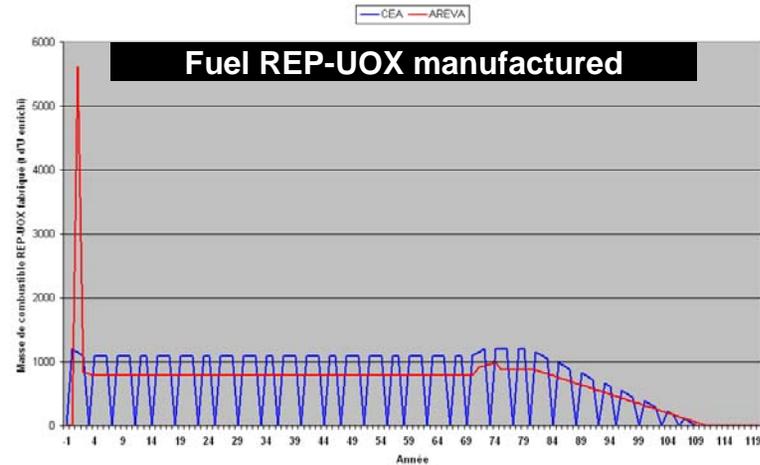
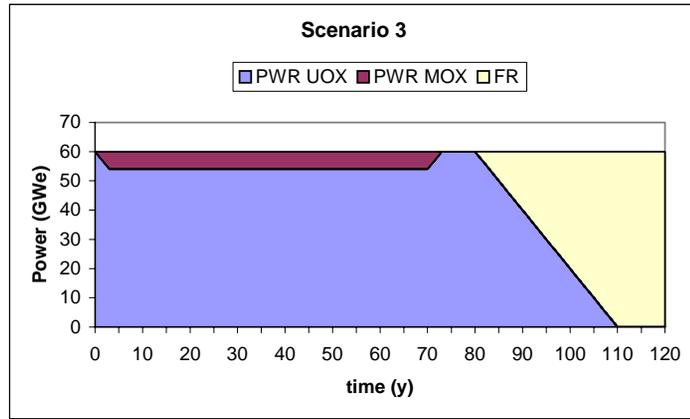
- ▶ **Matrices d'irradiation**
 - ◆ **Domaine de validité**
 - ◆ **Historique de puissance**
 - ◆ **Dispersion des burnup à la décharge**

- ▶ **Matrices de décroissance : choix de la demi-vie associée**

- ▶ **Matrices de radiotoxicité : choix du découpage énergétique**

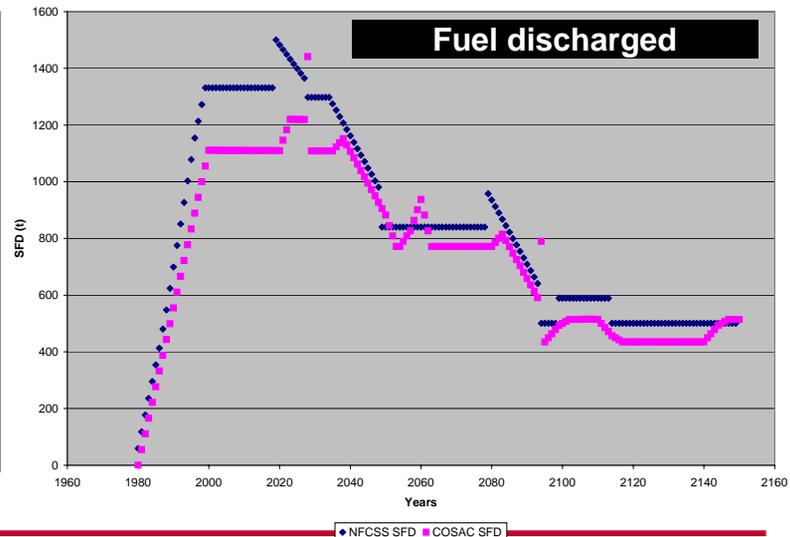
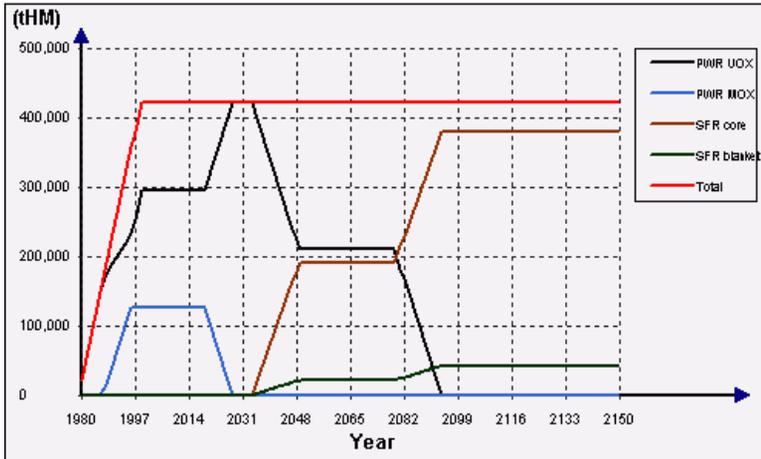
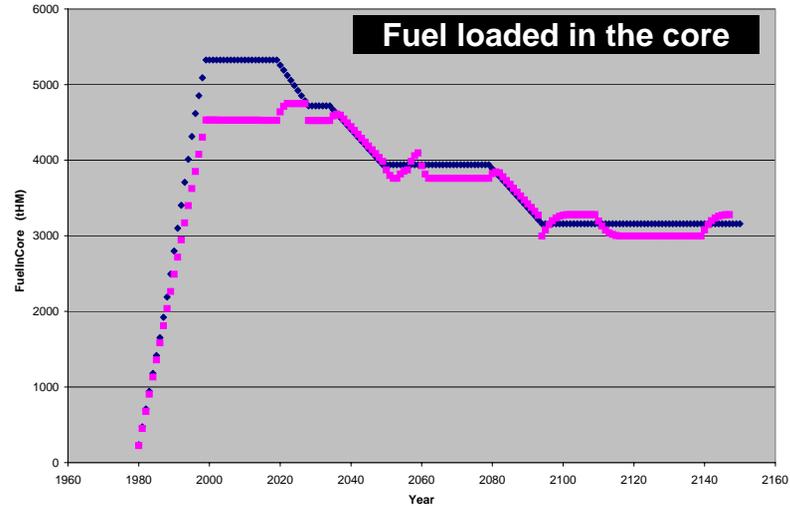
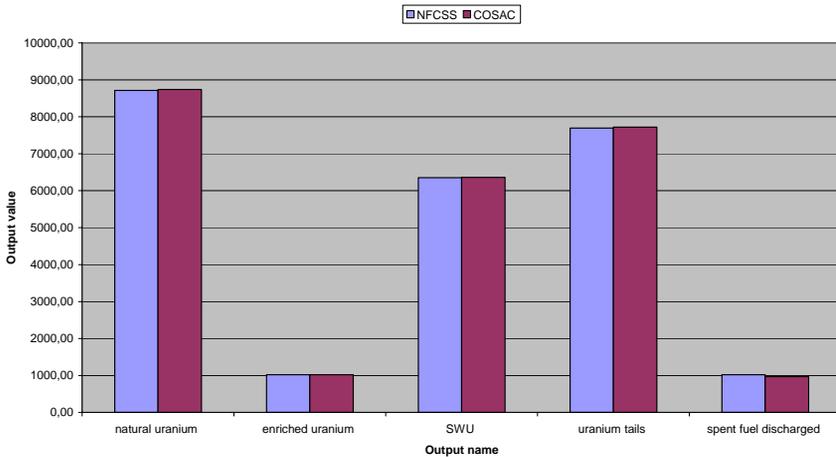
COSAC - Statut

Benchmark de qualification avec COSI



COSAC - Statut Benchmark avec NFCSS

NFCSS / COSAC output comparison
59.8 GWe PWR fleet - UOX fuel 4.2% 50 GWd/t



COSAC – Exemples d'utilisation

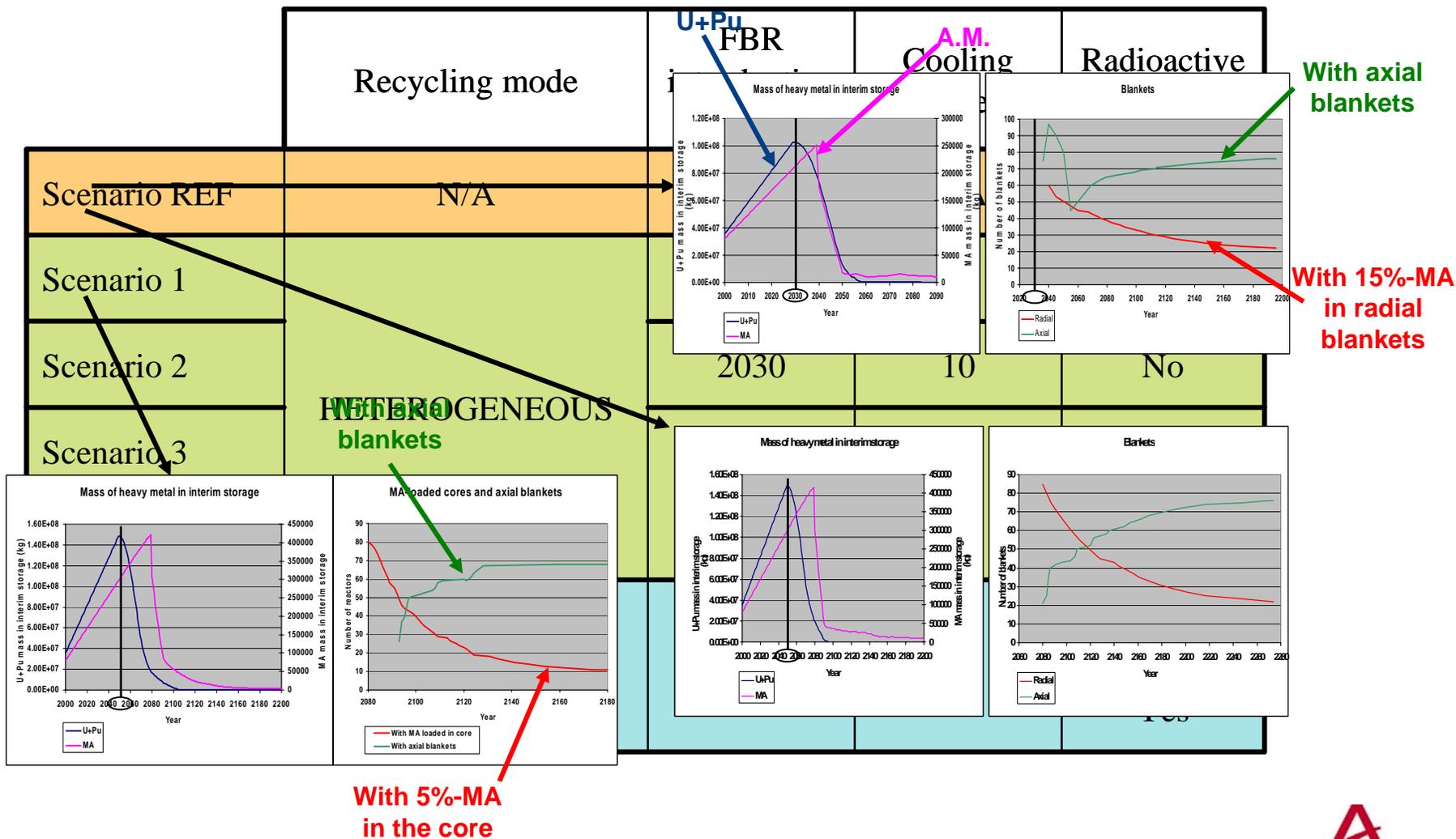
Cadre d'utilisation de COSAC



► Utilisations uniquement internes à AREVA

- ◆ **Conseils aux clients internes**
- ◆ **Propositions d'études aux partenaires**
- ◆ **GNEP (AREVA Inc.)**
- ◆ **Stages d'étudiants du MIT**

COSAC – Exemples d'utilisation Scenarios US (stage MIT - 2007)



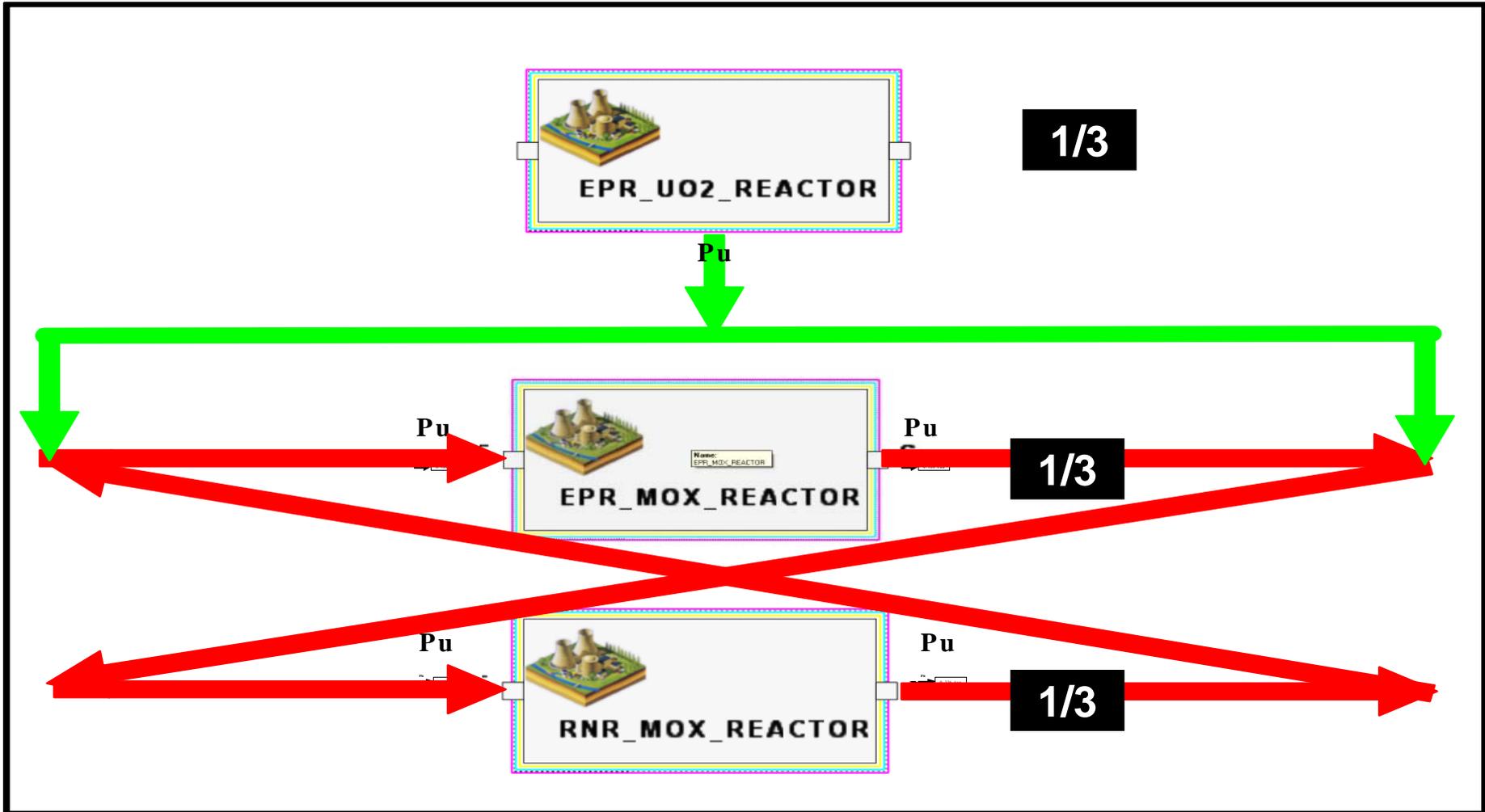
With 5%-MA in the core

With axial blankets

With 15%-MA in radial blankets

COSAC – Exemples d'utilisation

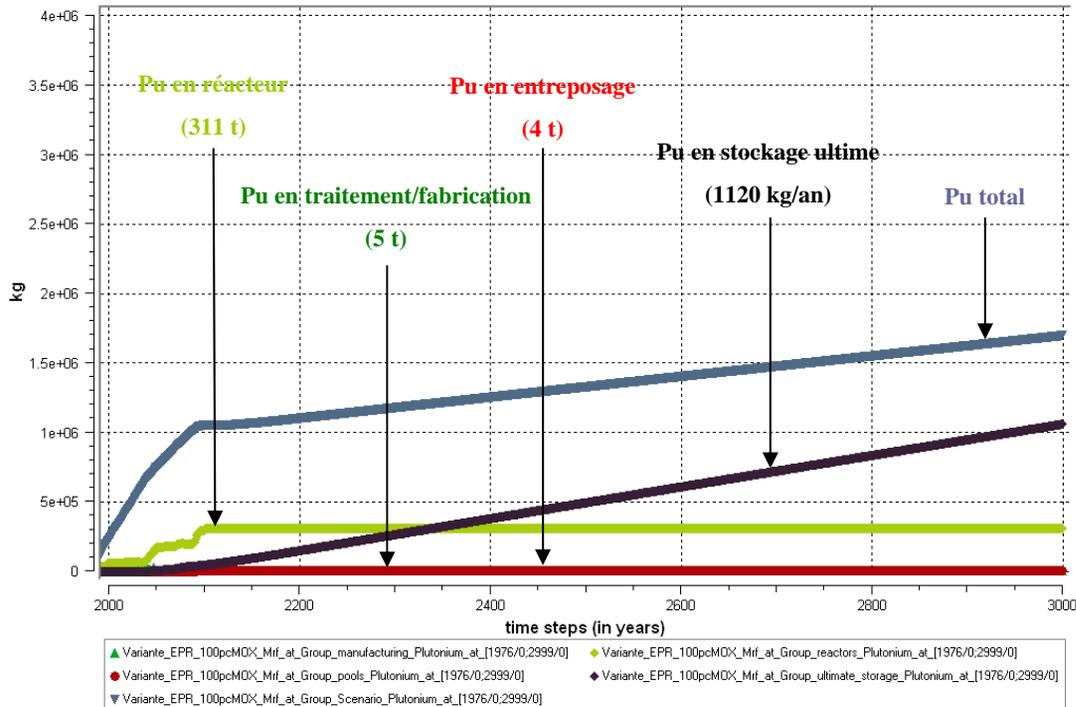
Scenarios symbiotiques (2009 – 2010)



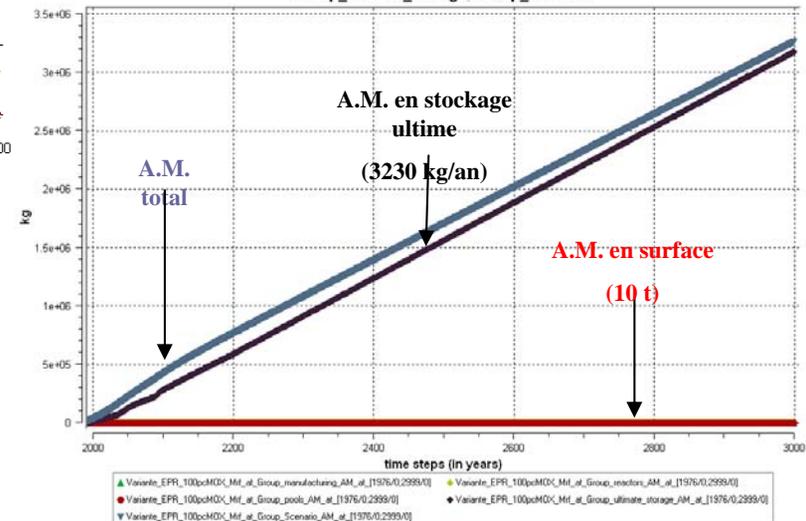
COSAC – Exemples d'utilisation Scenarios symbiotiques (2009 – 2010)



Isotopic and Families balances Mri, Mrf on Group_manufacturing, Group_reactors, Group_pools, Group_ultimate_storage, Group_Scenario

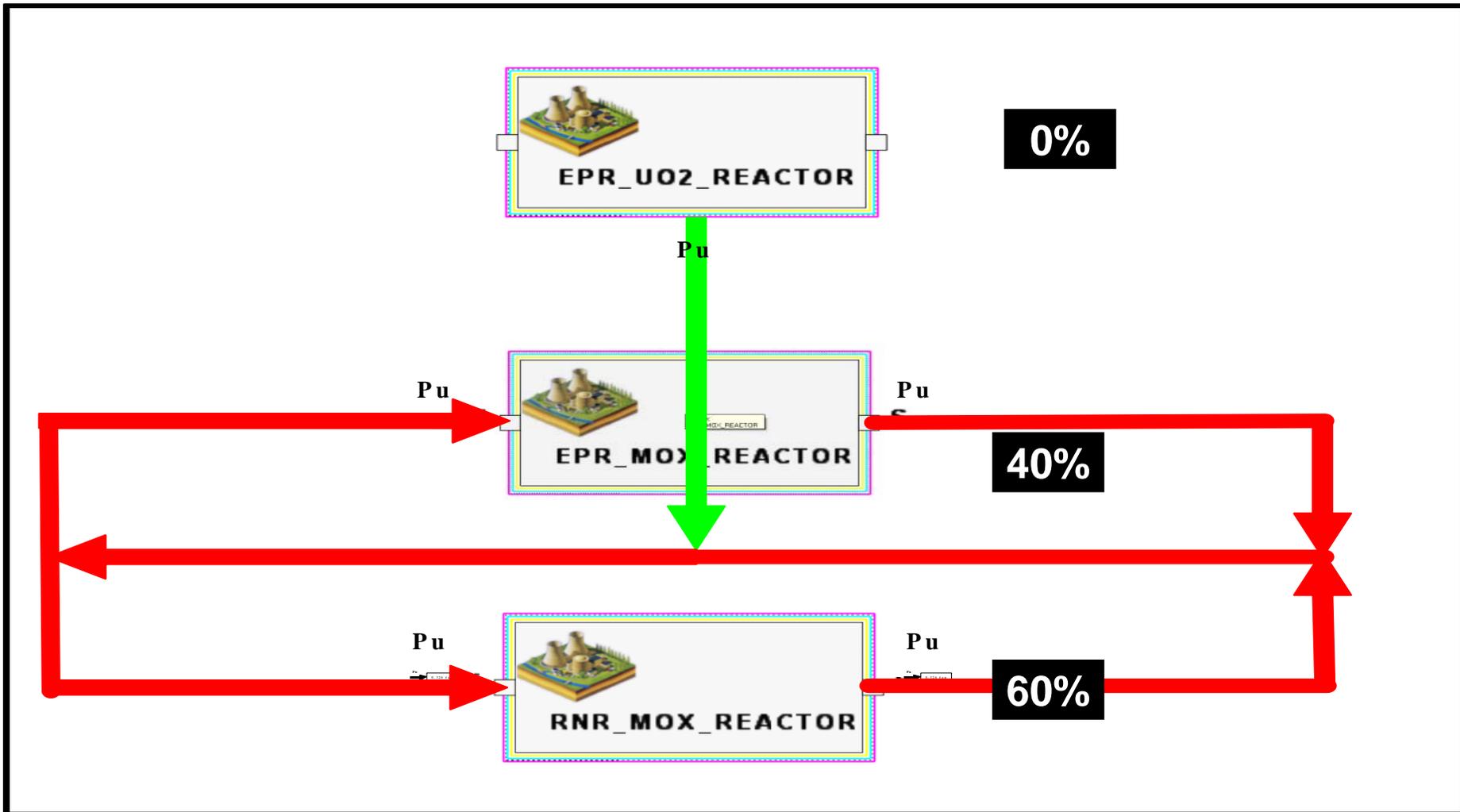


Isotopic and Families balances Mri, Mrf on Group_manufacturing, Group_reactors, Group_pools, Group_ultimate_storage, Group_Scenario



COSAC – Exemples d'utilisation

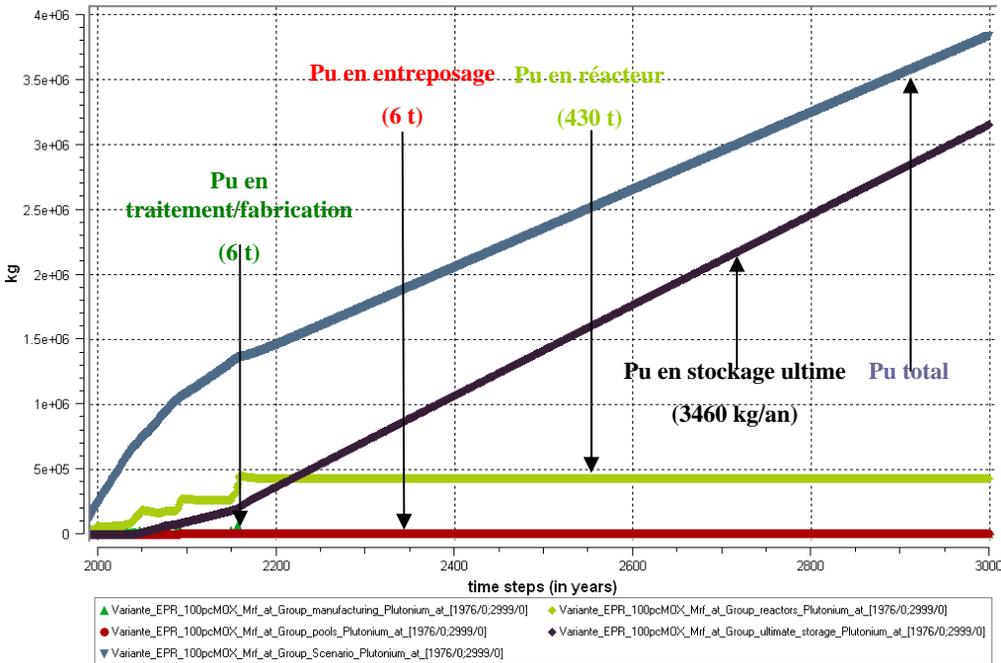
Scenarios symbiotiques (2009 – 2010)



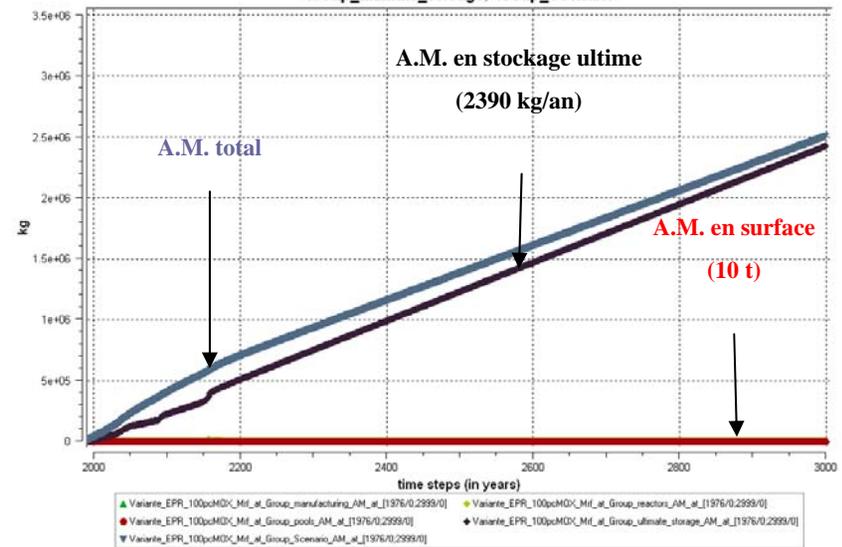
COSAC – Exemples d'utilisation Scenarios symbiotiques (2009 – 2010)



Isotopic and Families balances Mri, Mrf on Group_manufacturing, Group_reactors, Group_pools, Group_ultimate_storage, Group_Scenario

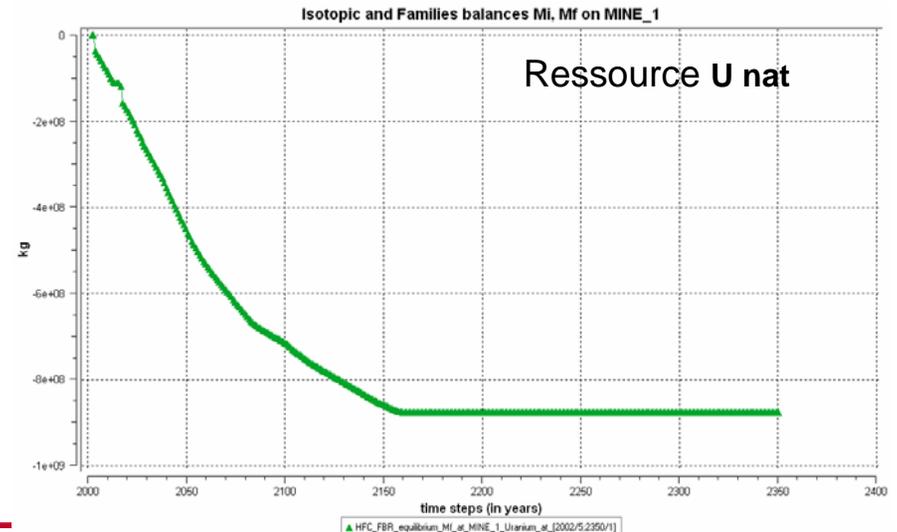
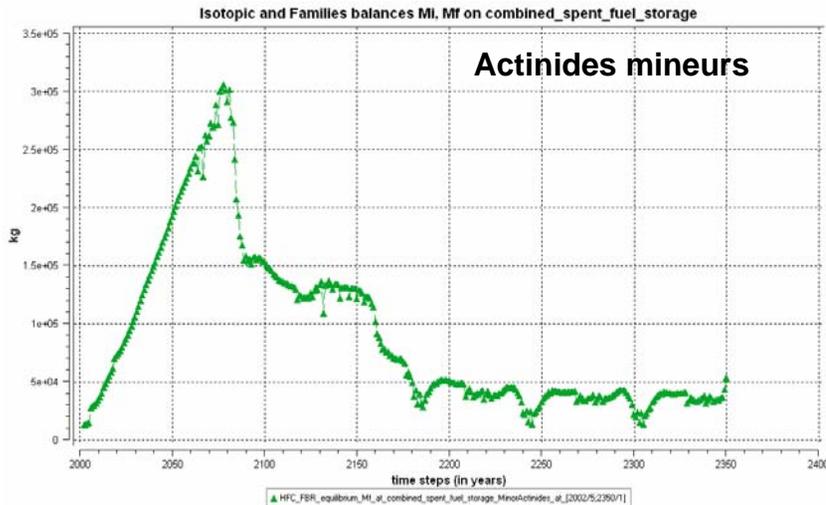
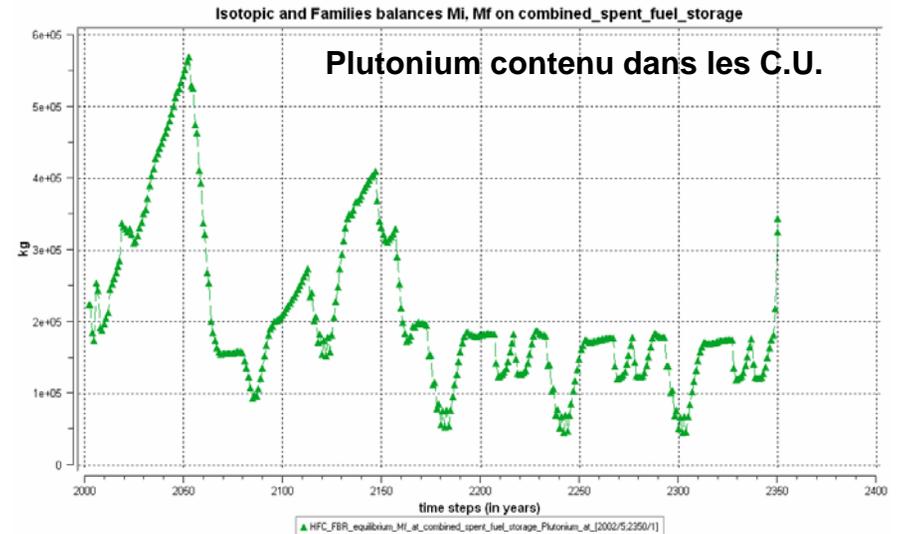
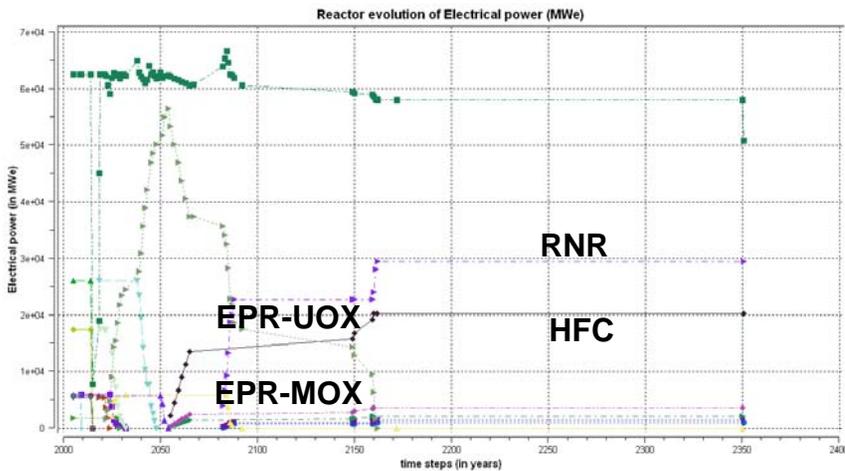


Isotopic and Families balances Mri, Mrf on Group_manufacturing, Group_reactors, Group_pools, Group_ultimate_storage, Group_Scenario



COSAC – Exemples d'utilisation

Scenarios HFC (stage MIT - 2010)



COSAC - Conclusions

- ▶ **Flexibilité** : facilité pour intégrer de nouveaux scénarios et de nouvelles filières de réacteurs – combustible
- ▶ **Autonome** : pas d'appel direct à des codes extérieurs
- ▶ **Simplicité** : physique prise en compte par l'intermédiaire de matrices
- ▶ **Rapidité** : scénario exécuté en quelques minutes pour une centaine d'années
- ▶ **Convivial** : prise en main de l'outil et mise au point d'un scénario facilitées par l'IHM