

Chimie sous rayonnements, chimie nucléaire, radiochimie: leur complémentarité en recherches. De l'institut du Radium à l'IPNO.

Colloque Marc lefort

Robert Guillaumont

6 octobre 2022

Institut du Radium-LaboCurie et annexe d'Arcueil, IPNO : domaine de recherches

Essai de définition des activités

Exemple de recherche interdisciplinaire

Conclusion

Marc Lefort comme enseignant

1957 : C4 de Physique nucléaire et radiochimie (TP)

1958 : DEA de Physique nucléaire et radiochimie, Option radiochimie (cours particuliers)

Marc Lefort comme soutien

1968 : Chargé de cours Faculté des sciences d'Orsay créée en 1965

1969 : Professeur Faculté des sciences d'Orsay

Marc Lefort comme collègue

1969 et après à IPNO et la Faculté des sciences Orsay (Chimie, Radiochimie 2 et 3 cycles)

Essai de définition de chimie des radiations, radiochimie, chimie nucléaire,

Une tentative jamais aboutie en raison de l'interpénétration des phénomènes dans la matière radioactive ... de l'histoire de leur connaissance et des conditions locales

Avant la guerre :les recherches en radioactivité, propriétés des radioéléments naturels et radionucléides artificiels, sources radioactives pour irradiations, détecteurs simples... sont dans les « sciences nucléaires », pas de distinction

En 1937 la chaire de F. Joliot au Collège est « Chimie nucléaire »,...

Après la guerre : développements prodigieux des sciences nucléaires et spécialisations multiples avec les accélérateurs, réacteurs nucléaires et détecteurs performants

Mais pas de distinction claire. En 1957 M. Haissinsky publie « Chimie nucléaire et applications », en 1966 M. Lefort publie « Chimie nucléaire ». A l'étranger entre 1959 et 1980 on trouve plus souvent « Nuclear chemistry » que « Radiochemistry » pour une dizaine d'ouvrages.

Dénominations assez subjectives ! Dépendent du contexte local!

Cas de l'institut du Radium-Labo Curie et de l'IPNO

**Institut du Radium-Labo Curie
(1914)/Arcueil (1933)**

Directeurs LC

1914-1934. Marie Curie

1934-1946. André Debierne

1946-1956. Irène Joliot. Lance Orsay

1956-1958. Frédéric Joliot.

1958-1970. Jean Teillac

Directeurs Arcueil

1957-1970. Georges Boussières, Roland Muxart

1945-1970 : Chimie des radiations (solutions, gaz), Physico-chimie des radioéléments (Pa, Np, Pu), Chimie atomes chauds, Chimie des indicateurs, ...

1957-1968 : Physico-chimie Pa (solutions, solides)

IPNO (1956)

Directeurs

1956-1958. Frédéric Joliot

1948- 1966. Jean Teillac

1966-1974. Maurice Jean

1974-1982. Michel Riou

1982-1988. Xavier Tarrago

1988-1994. Henri Sergolles

1994-2002. Sydney Galès

.....

Division de radiochimie (1958)

1956-1968 : Chimie nucléaire (Lefort) : Spallation,

.....

1956-1968 : Radiochimie (Boussières) : volatilisation, thermo-chromatographie, thermo-ionisation et spectro de masse, amalgamation, ... produits de spallation , 4f et 5f

1968- : Chimie nucléaire (hors sujet)

1968-1998 : Radiochimie (hors sujet, voir 50 ans IPNO, R. Guillaumont)

Contribution de M. Lefort (ML) à la Chimie des radiations au labo Curie

La Chimie des Radiations reprend au Labo Curie vers 1940 et connaît un développement prodigieux jusqu'en 1970 . C'est l'activité majeure.

Sources externes, X, gamma (Ra et ^{60}Co), sources internes alpha (Rn et Po) puis produits de réaction de $^{10}\text{B}(n, ^7\text{Li})2$ ^2He

Etudes des effets sur l'eau et les systèmes redox en solutions aqueuses à l'air ou anoxique . Les alpha sont plus oxydants que les gamma. Interprétation sur la base des radicaux libres H et OH de H_2 et H_2O_2 . Mesures des G. Mesure des constantes de vitesses, etc.

ML entre au labo en 1946. Il met met tout en place: équipements, sources, méthodologie, mesures. Thèse ML en 1950 sur H_2O et solutions de IK. ML arrête vers 1960. Environ 20 publications + livre + visites et conférences à l'étranger.

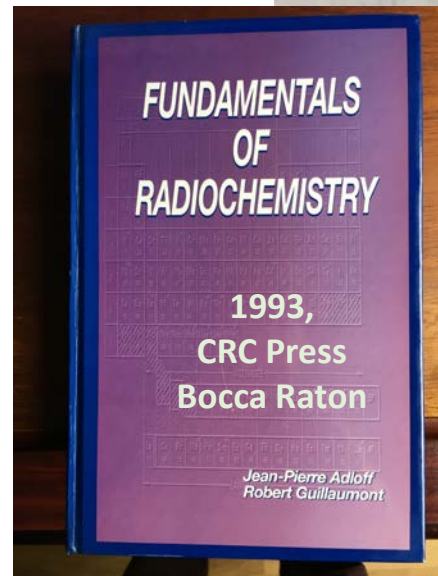
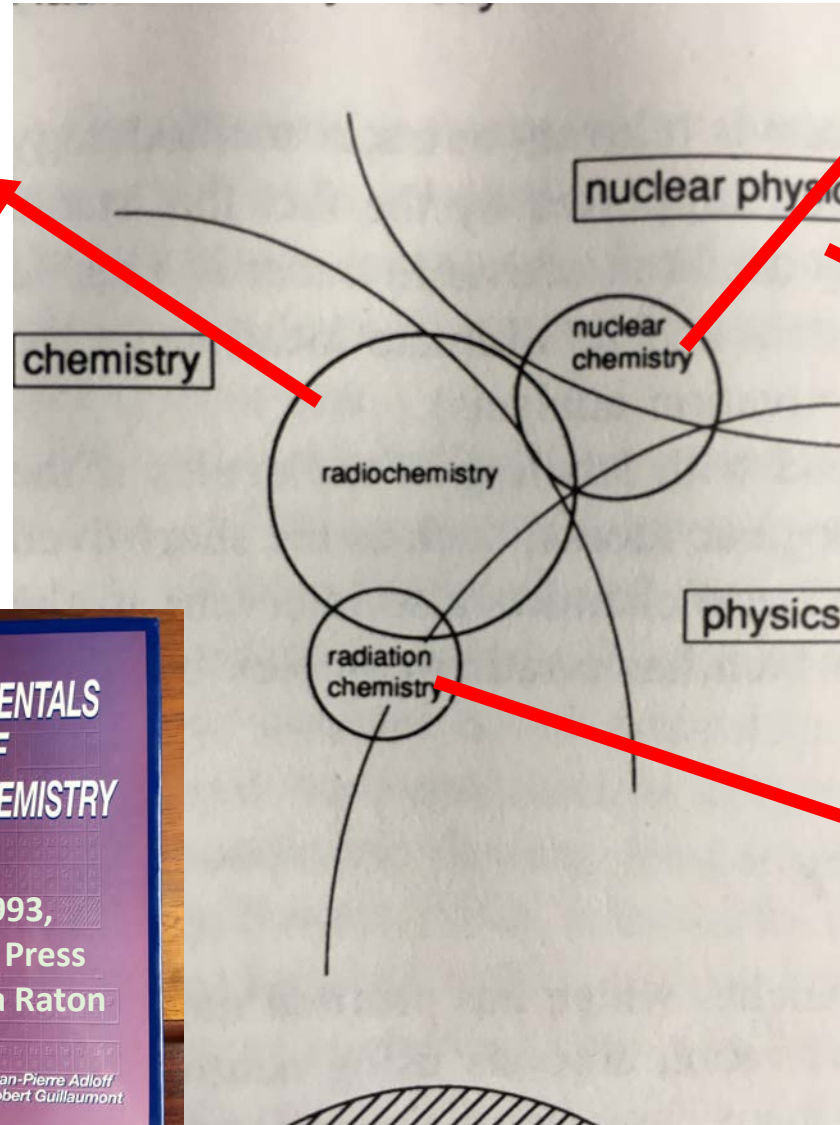
ML pionnier en chimie des radiations : on trouve tout dans sa thèse,

Matière considérée comme formée d'atomes radioactifs et d'atomes non radioactifs
Réorganisation des atomes lors de réactions chimiques entre réactifs et lors de processus nucléaires
Domaine : eV-xeV et KeV à MeV
Propriétés chimiques de la matière radioactive en fonction du couple Activité-Quantité, Accélérateurs et détecteurs sans étude des mécanismes, réacteurs nucléaires

Matière considérée comme formée de protons et neutrons
Réorganisation des nucléons lors de réactions nucléaires projectile-cible
Domaine : MeV-x100 MeV
Propriétés nucléaires en fonction du couple $E(\text{projectile})-A, Z$ cible
Accélérateurs et détecteurs de pointe pour étude des mécanismes

Idem mais noyaux considérés comme composés de quarks

Chimie sous rayonnements ionisants
Effets chimiques des rayonnements sur la matière : espèces radiolytiques, mécanismes.
Domaine : x MeV
Sources, accélérateurs (électrons, particules légères) et lasers pulsés (femtoseconde)



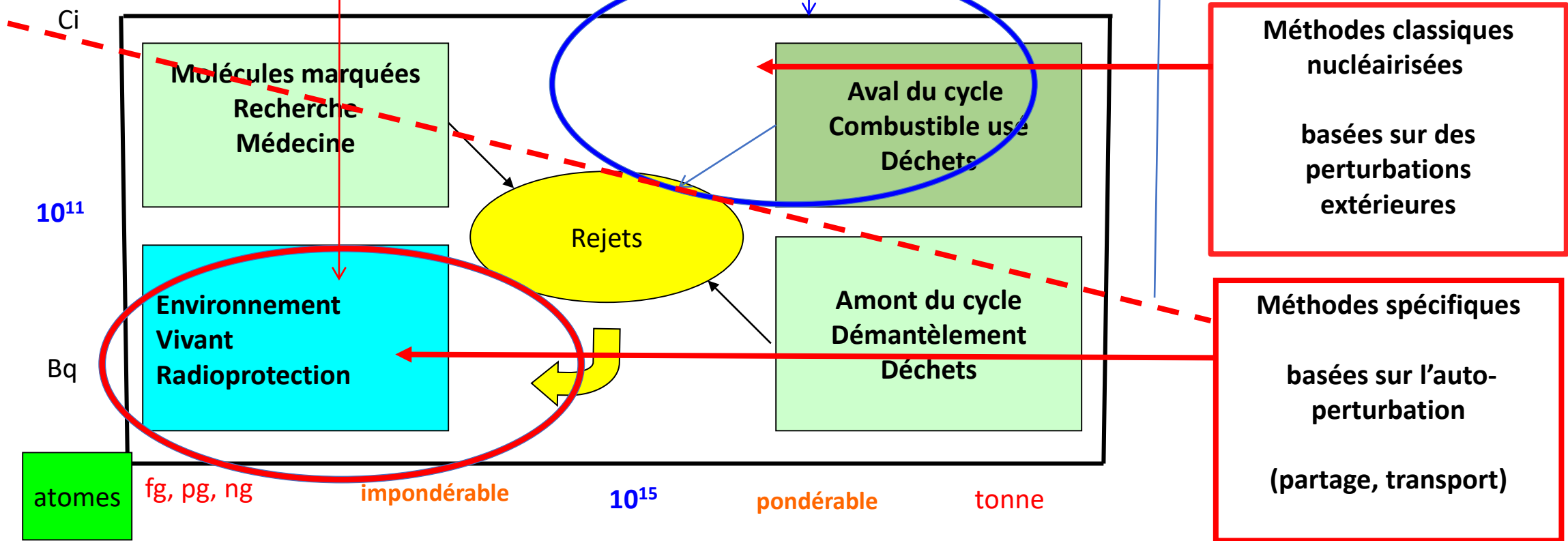
Couples A,Q (q) et principaux domaines
(Q/A, T variables, mais > 1 min)
 α β γ et n, α ingestion, γ et n irradiation

Chimie à l'échelle des indicateurs

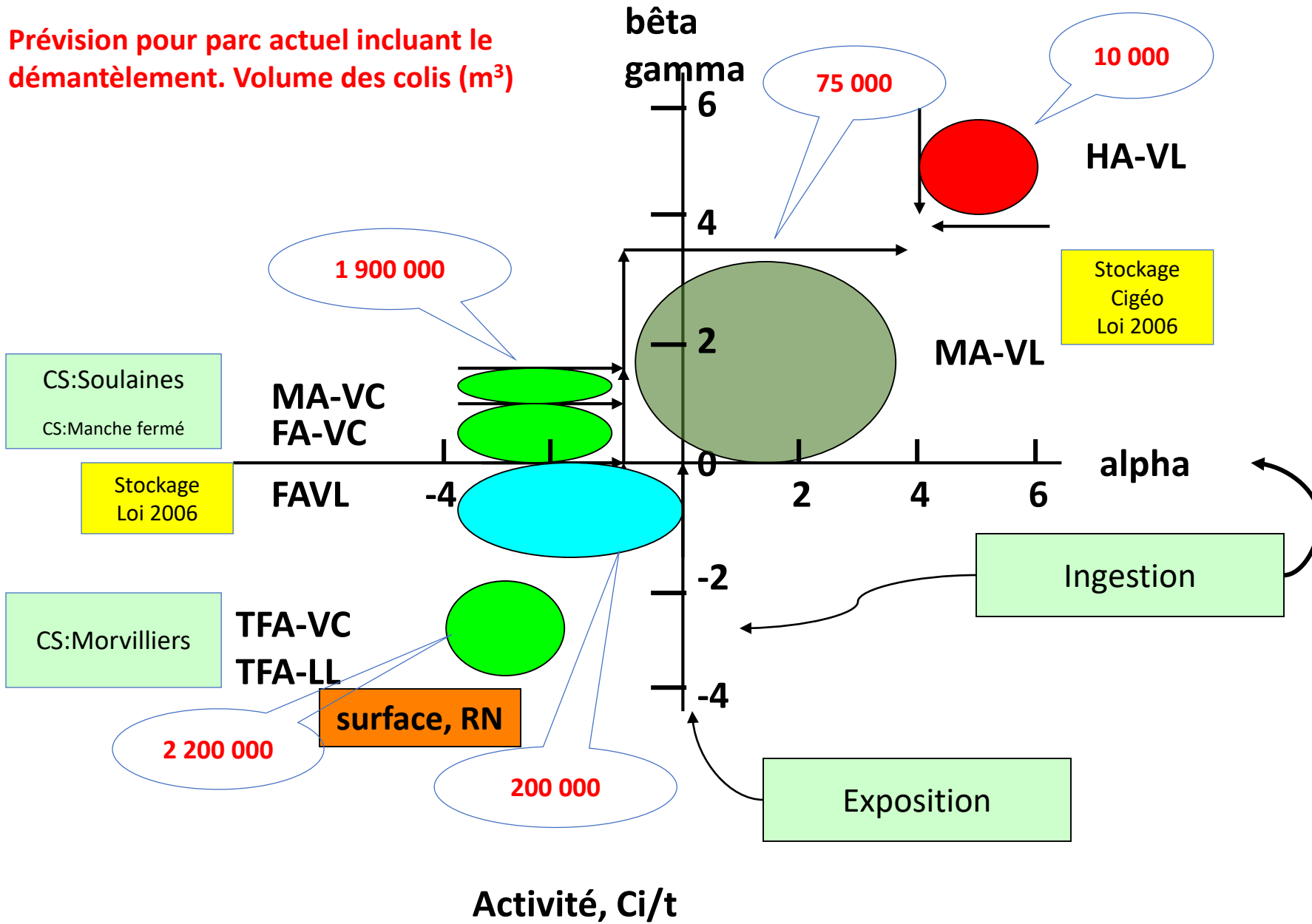
Chimie sous rayonnements,

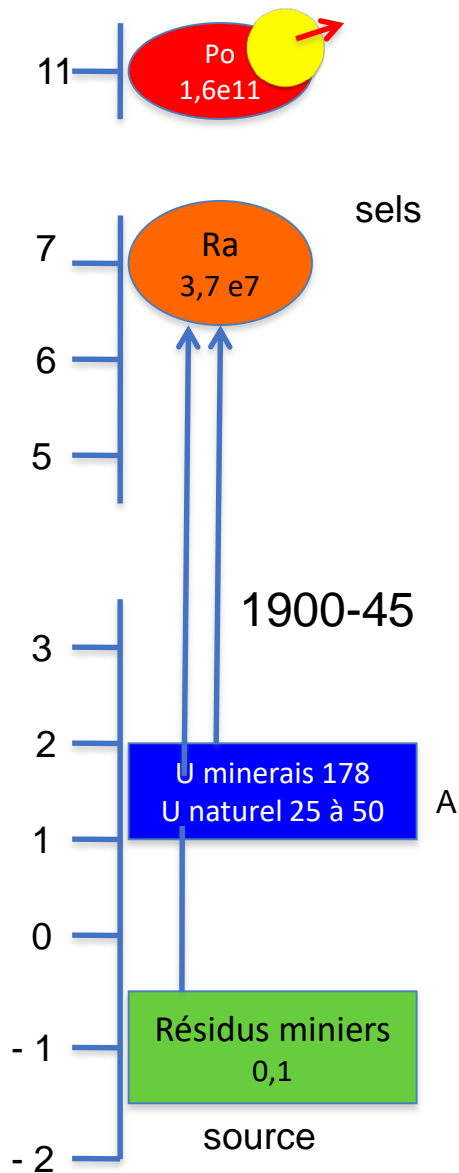
Au dessus ligne rouge

Effets radiolytiques
Possibilité de réactions
nucléaires
Chimie en condition
extrême

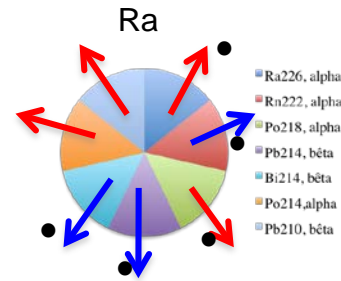
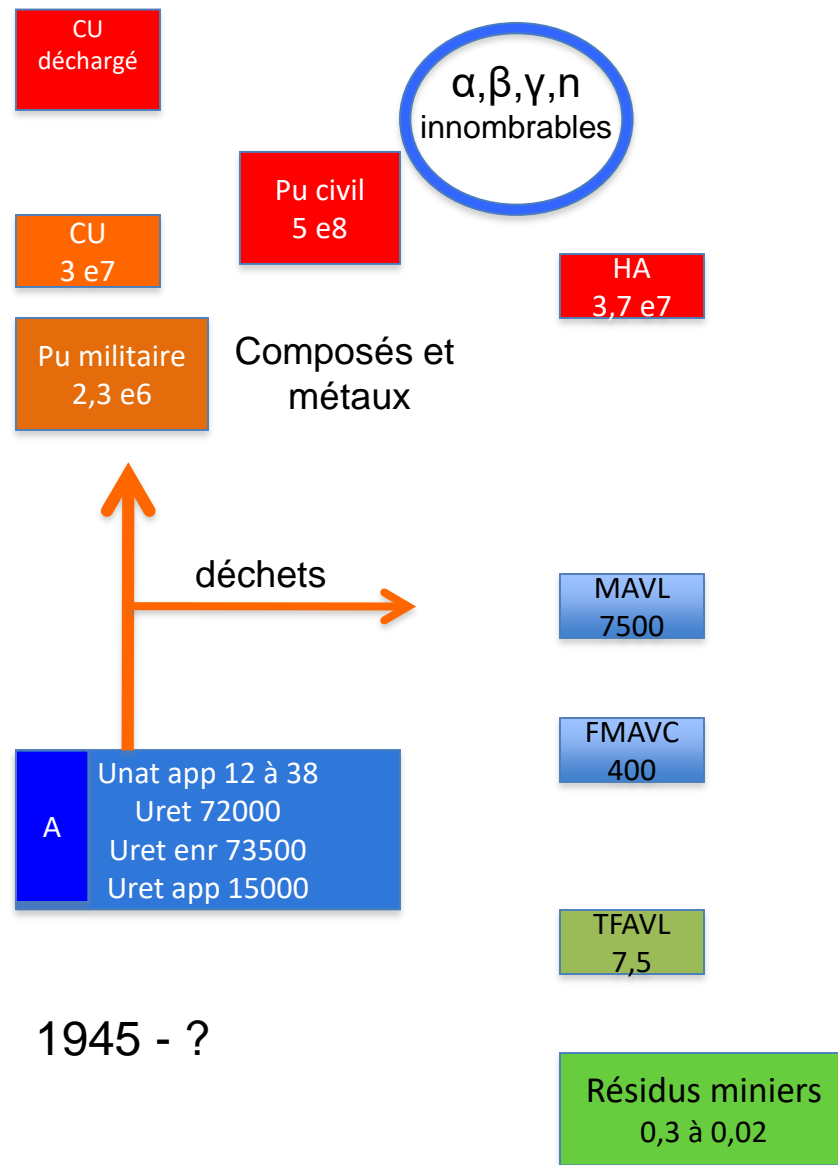


Prévision pour parc actuel incluant le démantèlement. Volume des colis (m³)





Activité en log kBq/g



Chimie nucléaire + Radiochimie : Extension du tableau périodique des éléments

graphique SmartArt de texte rapides

s		d										p					
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Co	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	5f	
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	4f	

R. Guillaumont. *Fundamental of Radiochemistry*, 1993, CRC Press

Rf (Z= 104), Rutherfordium, Db (105) Dubnium, Sg (106), Seaborgium, Bh(107), Bohrium, Hs(108), Hassium, Mt (109) Meitnerium, Ds(110) Darmstadtium, Rg (111) Roentgenium, Cn(112), Copernicium, Nh (113) Nihonium, Fl(114) Flérovium, Mc(115) Moscovium, Lv(116) Livermorium, Ts (117) Tennessium, Og(118) Oganesson.

Pour une synthèse voir : *Advances in the production and chemistry of the heaviest elements*, A. Turler, V.

Pershina, *Chemical Reviews* 2013, 113, 1237-1312

[dx.doi.org/10.1021/cr2002428](https://doi.org/10.1021/cr2002428)

**Chimie nucléaire + Radiochimie : 1) Effet néphélauxétique dans la série 5f
2) comparaison éléments 5d et 6d (Rf et Hf puis Db et Ta).**

Extra stabilisation des états fondamentaux dans les complexes des ions M^{3+}

Am f^7 ($J = 7/2$), Cm f^8 ($J = 6$), Bk f^9 ($J = 15/2$), Es f^{10} ($J = 8$), Fm f^{11} ($J = 15/2$)

241 et 243 Am, 244 Cm, 249 Bk, 249 Cf, 252 Cf obtenus au USA
 253 Es : 252 Cf(n,gamma) 253 Cf (beta) 253 Es (alpha, 20 j)

EL3 Saclay

252 Fm : 238 U(18 O,4n) 252 Fm (alpha,23 h)

CEV, Orsay

M.Hussonnois, ...Radiochem. Radioanal. Letters, 1972, 10, 231-238
et 1973, 15, 47-56

261 Rf: 248 Cm(18 O, 5n) 261 Rf (alpha, 65 sec)

CEV, Orsay

262 Db: 248 Cm(19 F, 5n) 262 Db (alpha, 34 sec)

Tandem+ Rachel, Orsay

M. Hussonnois,CR. Acad.Sci. Paris, Serie IIC, 1998, 643-649

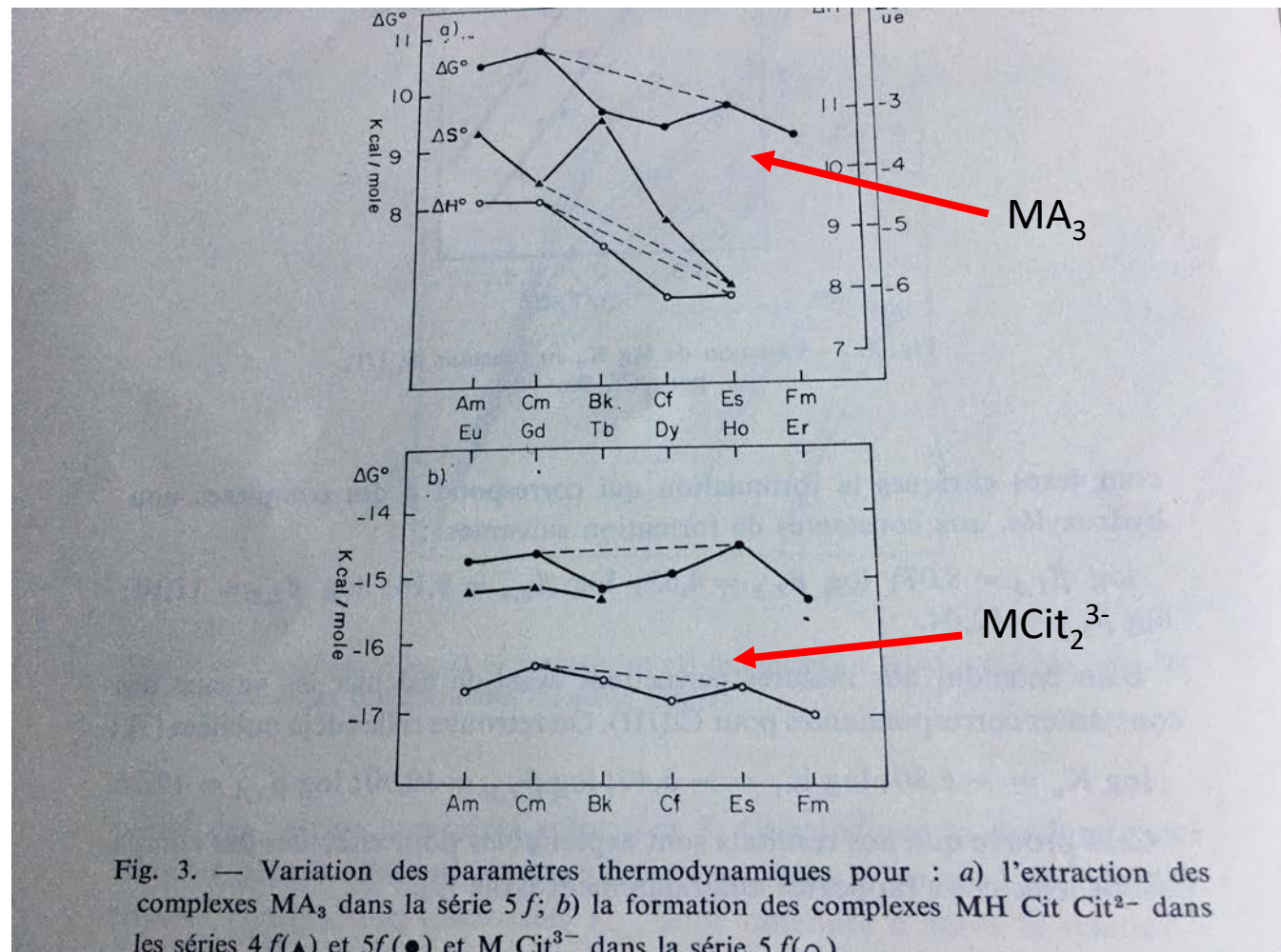


Fig. 3. — Variation des paramètres thermodynamiques pour : a) l'extraction des complexes MA₃ dans la série 5f; b) la formation des complexes MH Cit Cit₂³⁻ dans les séries 4f(\blacktriangle) et 5f(\bullet) et M Cit₂³⁻ dans la série 5f(\circ).

S. Boulhassa , Revue de chimie minérale, 1977, t 14, 239

Conclusion

La matière radioactive est en perpétuelle transformation chimique et physique (émissions radioactives, effets des rayonnements, réactions nucléaires, ..) ce qui produit de la chaleur

La matière radioactive est au cœur du « nucléaire » : énergie, environnement, déchets ... géopolitique

La matière radioactive est au cœur de la médecine nucléaire: molécules marquées, alpha immunothérapie, ...

La R&D se poursuit dans tous les domaines

Energie : SMR, AMR et MMR. Combustibles à ^{235}U de 5 à 90 %, Pu isotopie variable. Combustible solides (oxydes, nitrures, carbures, Triso) et liquides (sels fondus). Procédés de retraitement du combustible.

Environnement : PF, actinides/ inorganique et vivant. Forensic

Déchets : conditionnement, comportement long terme en situation anoxique et normale

Médecine : PF et actinide-protéine, alpha à vie courte, alpha en cascade immunothérapie