

Le NUCLEAIRE au secours de la VIE

*Henri BONET
Ex Directeur Général de l'IRE*

Le Nucléaire ? Phénomène, Science & Technique

- **Phénomène** de création/évolution de l'Univers : ($\infty \cong$)
- **Science nucléaire**: particules/rayon ... atome
cas particulier: chimie & biochimie (molécules)
- **Techniques** impliquant **Radioprotection** :
Nucléaire non énergétique: apport qualité vie/santé soit
>50% budget/job dans le monde (85% USA)
- **Difficile d'en parler:**
Emotion (Hiroshima..Fukushima)
Science complexe – aspect philo (Religion...Ecologie)

CREATION DE L'UNIVERS

AVANT BIG BANG: Champ Information (code cosmologique \equiv génétique)

BIG BANG (Fred Hoyle 1949 + récents développements)

-14.10⁹ a : Singularité champ Espace-temps (T 10.10⁹ °K)

+1sec : création totalv(Pauli 1930) : (20.10⁶ ds 1 Homme)

+2sec : $n(T_{1/2}=12') \rightarrow p + \beta^- + \nu$ - $p \rightarrow n + \beta^+$

+3sec : création total H(1p+1n) ($T \rightarrow 1.10^9$ °K – Diam 300.000Km) +15min: éléments léger (H3,H_e,Li...)

-10.10⁹a : Fusion \rightarrow Etoiles \rightarrow Flux n \rightarrow Elements lourds

- 5.10⁹a : Système Solaire/Terre (T_0 atome radioactif U238,

U235...) - 4.10⁹a : Molécule ADN – multiplication

cellulaire - 2-10⁹a : Fission (U235+H2O) 40

Réacteurs (OKLO durée 1.10⁹a) - 4.10⁸a :

Tetrapode \rightarrow Reptile - Dérive Continent -

6.10⁶a : Apparition HOMO

La THEORIE NUCLEAIRE

- 1871 **Théorie Electro-Magnétisme** (MAXWELL)
- 1895 Découverte Rayon X (ROENTGEN)
- 1896 Découverte Radioactivité naturelle (BECQUEREL)
- 1897 Découverte Electron β^- (THOMSON)
- 1898 Découverte Radium (CURIE)
- 1905 **Théorie Relativité** – Effet Photoélectrique
(EINSTEIN)
- 1909 Découverte Rayon $\alpha < 2n + 2p >$
(RUTHERFORD)
- 1919 Découverte Proton p
(RUTHERFORD)
- 1920th **Théorie
Quantique**-Modèle Bohr-Rutherford
- 1928 **Création ICRP** (International Commission Radiation
Protection)
- 1930 Découverte Neutrino ν (RUTHERFORD)
- 1932 Découverte Neutron **n** (CHADWICK)
- 1934 Découverte **Radioactivité artificielle** (CURIE)
- 1938 Découverte **FISSION** (HAHN)
- 1942 Réalisation 1^o Réaction en chaîne

La RADIOPROTECTION

Les Radiations cosmiques naturelles, nées avec l'Univers contribuent à l'évolution de la vie et à la Dose à l'Homme **La Radioactivité naturelle** varie par composant & région:
Océan(12Bq/L); Lait(50Bq/L);
Homme(100Bq/Kg); Epinard(250Bq/Kg); Argile(1000Bq/Kg);
Terril(3000Bq/Kg)

La Dose moyenne à l'Homme: 3,5mSv/an (B)→(Max 40mSv(Inde)) due **source nature:** Cosmique(10%); Sol(14%); Radon(51%); Aliment(12%); **source homme:** Centrale Nuc (0,1%); Profession(0.2%); Médical(12%); ...

Risque Industrie plus important que Centrale Nucléaire
: (sources, sources orphelines, irradiateurs, accélérateurs, boîte à gant...)
Effets: détruit, coupe, recombine DNA (Hormésis –Linéarité ?)

Toute activité Nucléaire implique la Radioprotection

1. Respect Norme Population(1-5mSv/an); Travail(20-50mSv/an)
2. Optimization: Approche ALARA
3. Justification: apport positif(en soi & par rapport alternatives)
4. Respect générations futures

PROPRIETES PHYSIQUES de BASE

- * Atténuation Energie (γ) : mesure épaisseur, niveau cuve
- * Dépôt Energie ($\alpha, \beta, \gamma, n, p$): affecte DNA (cancer, insecte....,....)
- * Source Chaleur (α, β) : produit électricité (pacemaker, sat)
- * Emission de RI (γ) : SPECT/PET, débit, fuite, sol, aliment
- * Activation ($n-\gamma$) ($n-\alpha$) : détection explosif, BNCT
- * Rupture molécule (β, γ, n): modif structure/chimie (cable, pneu)
- * Ionization (β, γ) : éjecte électron: tue/stérilise insecte
- * Luminescence (β) : H^3 utilisé pour signes EXIT....
- * Fluorescence ($X \rightarrow X$) : mesure traces, screening affinités
- * Ralentissement/thermal(n): mesure H_2O (corrosion, humidité..)
- * Déviation/scattering(n, γ, X): identifie matière/épaisseur coating
- * Fission ($n \rightarrow$ Fissile atom) : produit énergie/isotopes PF- activé
- * Fusion ($H^2 + H^3$) : produit énergie (ITER)
- * Collisions de particules $H^{te}E$: accélérateur LHC (recherche)
- * Temps décroissance (C^{14}) : datation géologique/archéologique:

**CAPACITE DE MESURE EXCEPTIONNELLE
(Energie, Rayonnement, Particule: 1 Bq/m³ eau)**

APPLICATIONS RECHERCHE

ACCELERATEURS: LHC (CERN-27Km)/VLHC (US/Chine-100Km)

∞ Petit: - 2012 boson de Higgs-Englert ($T^{1/2}=10^{-22}$ sec-134xMp)

MICROSCOPE ELECTRONIQUE: Déviation électron-échelle atome

SATELLITES: (TEG Pu²³⁸/Am²⁴¹:5Kw, Réacteurs U²³⁵: 10Mw-15ans)

∞ Grand: origine Big Bang: Energie noire(68%)-Matière noire(27%)

MEDECINE: Etude cerveau/coma par PET (F¹⁸ ,C¹¹)

RIA: analyse Hormone, Virus, Enzyme, Drogue...(I¹²⁵,H³,C¹⁴)

CHIMIE/PHARMACIE: Mécanique Quantique pour créer molécules

Large criblage molécules: fluorescence identifie affinité

ARCHEOLOGIE: Datation C¹⁴ pour matière vivante (50-50.10³an)

GEOLOGIE: Datation (Be¹⁰/Al²⁶) sédiments/terrains (> 1.10⁶ an)

ART: Datation + préservation par stérilisation (Mérule)/polymérisation

Composition chimique couleurs((X ray) – Structure (Y ray)

APPLICATIONS SECURITE PUBLIQUE

POLICE SCIENTIFIQUE: Activation (n, γ, β -X) analyse traces poudre, poison, composition sur petit échantillon (Napoléon) – analyse DNA la plus précise (P32) – Microscopie infrarouge (cyclotron β :drogue)

CONTRÔLE COLIS: Détection explosifs/métaux (n, γ); Destruction spore anthrax (courrier US par IBA accélérateur β - X)

PREVENTION: Eclairage secours (H^3 +matière luminescente) piste et sortie aéroport – **Détecteur** de fumée (Am^{241}) – Electricité statique (Radium)

METROLOGIE: Réseau air territoire + TNP monde (Xe^{133})
Réseau rivière (Hôpitaux (I^{131}), Centrales, Industries, Phosphates)
mesure océans (rejet essais nucléaires): **IRE leader mondial**
Mesure Radon maison (50% Dose moyenne en B)
Mesure Radioactivité mines, industrie nucléaire, Hôpitaux...

APPLICATIONS INDUSTRIE

CONTRÔLE PROCESS: mesure automatisée/enregistrée de fluide: volume, débit, vitesse, temps résidence, mélange, blocage, fuite (traceur)

MESURE PIECE: dimension, dépôt, défauts, densité, stress(β ,X,CT)

* **MATERIAUX:** composition, impuretés (X, γ), humidité (n)

* **USURE:** traceur dans pièce moteur – analyse huile

* **CORROSION:** neutrographie (aile d'avion)

* **GEOLOGIQUE:** hydrocarbures (n, γ), fondations (densité γ , eau n)

MATERIAUX MODIFIE: résistance de polymère (prothèse, pneu, cable) fluidité des hydrocarbures (accélérateur β)

* **CREE:** semiconducteur puissance (éolien, solaire, véhicule électrique) dopage cristaux $\text{Si}^{30+n} \rightarrow \text{P}^{31} + \beta$ en réacteur (impureté $+\beta$:accroit conducteur) Membrane filtrante par irradiation couche U^{235} dont la fission crée micro trous

DECHETS TRAITES: destruction γ polymères (Teflon) – extraction des composés soufre et azote de rejets de combustion par ionization β

APPLICATIONS AGRICULTURE

RESSOURCES en EAU: *réseaux souterrains -âge réserves-
entrée/sortie –consommation –pollution *désalination par NPP
*mesure humidité sol(besoin) *étude mer/rivière:
courants,pollution,prolifération **CONTRÔLE AIR:** origine, volume &
pollution masses d'air **EROSION SOL:** suivi dépôts (Cs¹³⁷)
ou de traceurs (berges/plage)

AMELIORATION PRODUCTION:

*valeur nutritive requise par bétail:réduction 80% besoin
herbe(traceur) * contrôle des besoins en engrais/en eau
(traceur) * contrôle insecte
nuisible(SterileInsectTechnique: >10⁶ males irradié/s)

NOUVELLES VARIETES: mutation naturelle DNA accélérée par
irradiation (pas OGM !): rendement/besoin eau-engrais –résistance
climat/maladie/insecte-durée croissance-valeur nutritive-qualité-
aspect * depuis 1974 - 30 pays: 2250 variétés (64%V-
22%X,3%n/p,11%chim) * Chine(27%) - Inde(12%) - Russie(9%) -
Hollande(8%) - USA(6%) * Riz, blé, soja, poix,...coton,
orange, pomme, cerise...fleurs (25%) * Egypte riz 200%;
Pakistan coton 200%, Italie pates > 50%...Whisky

RADIO - STERILISATION

OBJECTIF: Installation industrielle en remplacement de méthodes traditionnelles: congélation/étuve/sel/Oxyde éthylène (pas aliments)
Réduire population pathogène (Salmonelle, E-coli, Listéria,...), pas d'activation, pas modification qualité/goût/valeur nutritive
Empêcher germination (Pomme de terre, oignon, ail,...)

OBJET: Médical: prothèses, sang, tissus, instruments.../Pharmacie – cosmétique /Archives, Art,... Bois (Seneffe-Mérule), SIT, Anthrax,
Aliment: santé USA:76.10⁶empoisonement/an;3.10⁵hôpital; 5000 décès

ALIMENT: Liste produits et dose acceptées par Pays –approuvé OMS
épices, thé, pattes grenouille, crevette, poisson, viande, gibier, volaille, œuf(blanc/jaune), fromage, fruit, légume, plat préparé(hôpitaux, armée)

INSTALLATION: MEDIRIS (γ -Co⁶⁰) ; IBA (e ou Rhodotron e \rightarrow X)
COÛT(\$/T): (γ :25-50); (étuve:250) ; (congélation:50-600)
Capacités(T/an): Russie(400.000); Hollande(20.000); Belgique(10.000);
France(5000); USA(3500); Chine(500)

APPLICATIONS MEDECINE

DIAGNOSTIQUE

- **Dosage Radio-Immunologique (RIA):** (IN VITRO)
Marquage antigène de sang par I^{125} , H^3 , C^{14} pour identifier hormone, virus, enzyme, drogue,...déficience nutritive
- **Radiologie:** (Source extérieure)
Rayon X, Computed Tomography (CT)
Résonance Magnétique « Nucléaire » Image (IRM): champ magnétique aligne spin(H) – photon change/émission à résonance

CT ou IRM (carte) combiné à méthode SPECT ou PET (fonctionnelle)

- **Médecine Nucléaire** (Imagerie IN VIVO:injection RI)
SPECT (émission 1 seul photon γ d'Isotope courte $T^{1/2}$)
 - I^{131} injecté ou Tc^{99m} attaché à molécule porteuse se concentre sur tumeur dans organe spécifique ou Y^{90} attaché à anticorps monoclonal ou peptide recherche antigène émis par cellule cancéreuse (Target Diagno) - Image 3D-Dynamique
 - localise: CARDIOLOGIE(sténose, irrigation) -
 - ONCOLOGIE(tumeurs, métastases); NEUROLOGIE(Alzheimer, Parkins)
 - Inflammations, Arthrites, SynoviesGénérateur Mo/Tc (60/6h) et l'isotope PF : Monde:30 million Exam /an

IRE 2^{ème} producteur(30%) utilise réseau Réacteurs Test (BR2, HFR,...)

PET (Tomographie par émission de positrons: 2γ -180° par annihilation $\beta^+\beta^-$)

F^{18} (110')... O^{15} (2') produit par cyclotron (dans Hôpital) combiné à molécule (FDG=sucre) se concentre dans organe/tumeur (cerveau)
Plus précis que SPECT, indépendant Réacteur mais 10 fois coût

IBA leader mondial (centres production / cyclotrons)

THERAPIE/PALLIATIF

Radio thérapie: (Source extérieure)

- **Curie thérapie** (source Co^{60})
- **γ knife** (focalisation 3D différentes directions/modulation intensité)
- **BNCT** ($B^{10}+n \rightarrow B^{11} \rightarrow \alpha$: Réacteur traitement foie)
- **Proton thérapie** (faisceau proton/hadron de cyclotron focalisé sur tumeur: effet Bragg: destruction locale sans effet avant et après : yeux, cerveau, prostate...enfants)

USA, Chine, Russie, Allemagne, France...mais coût \pm 50 M€ \blacktriangledown

IBA leader mondial (50% des installations : 2 projets en Belgique)

- **Brachythérapie** (Insertion d'une source β scellée)

Oncologie: cancers poumon, prostate, sein...: action locale-durable -
(micro-billes Y^{90} , fil Ir^{192} , capsule Pa^{103}/I^{125} ,...)

Cardiologie: réduit risque resténose (30% cas) : sten radioactif Re^{188}

- **Médecine Nucléaire** (Injection RI émetteur α, β)

Thyroïde: injection I^{131} (0.25 Ci) Dysfonction-Cancer depuis 1942

Tumeurs/métastases dans organes attirant molécule porteuse
d'émetteur α ($Bi^{213}, Ac^{225}, Pb^{212}$...) ou β ($P^{32}, Sm^{153}, Y^{90}, \dots, Re^{188}$)
Thérapie ciblée: RI attaché à anticorps monoclonal/peptide

Zévalin ($Y^{90}-\beta$) : 80% rémission pour Lymphome non Hodgkinnien

AREVA-Med étude phase I cancer voie digestive avec $Pb^{212}-\alpha$
AREVA (Nucléaire Energétique) associé à Roche (Pharmacie) construit 2
usines de production (France & USA)

CONCLUSIONS

- * DIAGNOSTIQUE à maturité THERAPIE en développement prometteur
- * RADIOPROTECTION patients: choix dose Max / efficacité Max
- * **Principe de précaution: plus de 10 ans pour disposer d'un traitement**

Préférez vous le Risque Zéro ?