Projets Innovants du CGEA

Le Commissariat Général à l'Energie Atomique (CGEA) prépare en son siège, le Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa (CREN-K), plusieurs projets nouveaux et particulièrement innovants, susceptibles d'avoir un impact majeur sur le développement du pays. Les secteurs d'applications concernent :

- la Santé,
- l'Alimentation,
- l'Analyse et l'Industrie,
- la Formation,
- la Sécurité

I. Introduction

- Le Commissariat Général à l'Energie Atomique (CGEA) a été fondé en 1978
  - mais historiquement, il est dans la continuité de la *Commission Consultative des Sciences Nucléaires* fondée en 1958 et, à ce titre, vient de fêter ses 64 ans !
  - il est chargé de promouvoir toutes les Applications Pacifiques des Sciences et Techniques Nucléaires
  - il agit comme l' opérateur de l'Etat dans ce secteur
  - suite à la création d'une Autorité de Régulation en 2002, le CGEA ne s'occupe plus des aspects législatifs, réglementaires, ni des inspections, qui sont l'apanage du Comité National de *Protection contre les Rayonnements Ionisants* (CNPRI)

- Son siège est sur le campus de l'Unikin, mais il dispose également d'une antenne provinciale (Lubumbashi) et de postes en province (Kolwezi, Likasi, Goma, Bukavu, Kalemie, Sakania, Pweto)

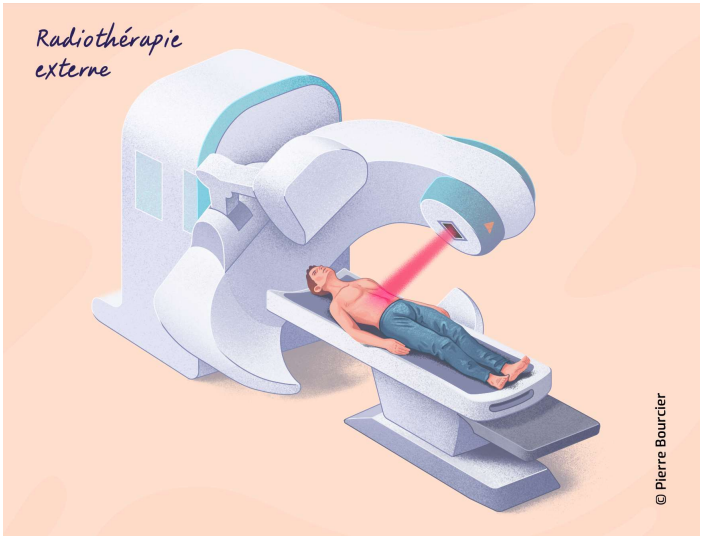
I. Introduction

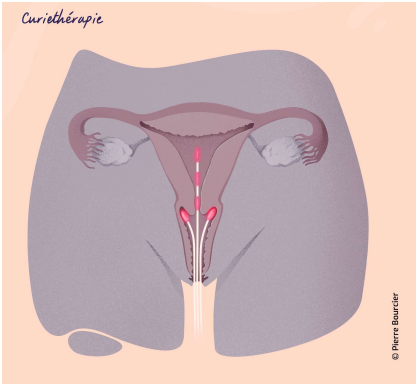
- Personnel:
  - Comité de Gestion:
    - Prof. Dr. Steve Muanza Kamunga (Commissaire Général)
    - Prof. Dr. Jérémie Muswema Lunguya (Directeur Scientifique)
    - M. Tony Ngoma Phambu (Directeur Administratif et Financier)
  - 326 Unités
    - Scientifique: 80 (dont 21 Ph.D.)
    - Technique: 73
    - Administratif et Financier: 170

- Modèle Global pour les Projets:
  - Les instruments sont acquis pour le compte du CGEA, ils sont installés et entretenus par le CGEA
  - Ils sont mis à la disposition de l'utilisateur final, sous couvert d'un protocole d'accord
  - L'exploitation est directement assurée par l'utilisateur ou, au besoin, par le CGEA
  - Les autorisations et inspections sont l'apanage du CNRPI
  - Modèle Economique: les fonds propres doivent au moins couvrir les frais de fonctionnement

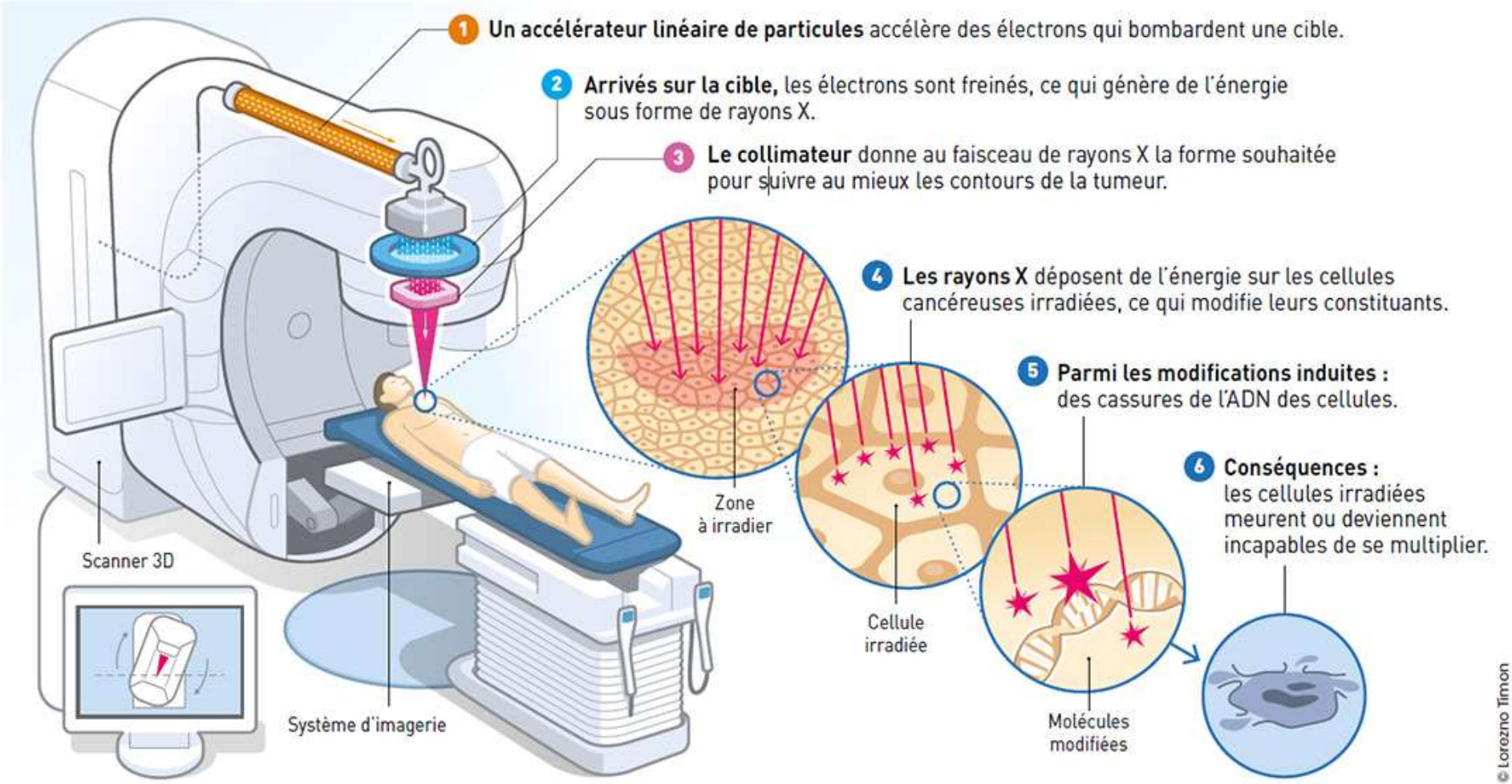
II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 1. Création d'un Centre de Diagnostic Multidisciplinaire et de Radiothérapie
  - Il y a une forte augmentation des cancers en RDC (comme parttout ailleurs)
  - En dehors de la chirurgie qui est limitée, les techniques les plus efficaces sont:
    - la Radiothérapie Ext.: accélérateurs d'électrons produisant des rayons X
    - la Curithérapie: sources scellées appliquées en interne
  - Premier Centre Public de Radiothérapie en RDC
  - Partenaires:
    - Principal:
      - AIEA (COD6016)
      - Ressources supplémentaires: « Rayons de l'Espoir »
    - Locaux: Ministère de la Santé Publique H.P., CNLC, Unikin, CUK, Cliniques Privées,…
  - Budget Radiothérapie:
    - 30-35 M$
    - NB: la RDC doit au moins financer le bâtiment (15 M$)





II. Projets Innovants pour la Santé



II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 1. Création d'un Centre de Diagnostic Multidisciplinaire et de Radiothérapie
  - Etat d'avancement:
    - Phase 1: Planification, Conception, Etudes de Faisabilité, Estimation des Coûts (2023-2024)
      - Matériel choisi (LINAC électrons, pas d'orthovoltage, pas de source gamma ^{60}Co,…)
      - Business Plan: réalisé avec l'aide de l'AIEA
      - Terrain acquis: site de l'Unikin (15 000 m^2)
      - Plans architecturaux (faits) et études de faisabilité en finalisation (payés sur fonds propres du CGEA)
      - Experts internationaux associés au CGEA (2 Radio-oncologues, 1 Physicien Médical)
      - Colloque CGEA: « Le CGEA fer de lance de la luttre contre le cancer en RDC ? »
        (Médecine Nucléaire, Radiopharmacie, Radiothérapie), 2-4 Octobre 2023, Kinshasa

    - Phase 2: commande, livraison, installation du matériel, finalisation de la formations des personnels, démarrage des activités de radiothérapie (2024-2025)

    - Phase 3: développement du module de diagnostic, scan CT, caméras TEP,…, démarrage des activités de diagnostic (2025-2028)

II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 1. Création d'un Centre de Diagnostic Multidisciplinaire et de Radiothérapie
  - Entreprises identifiées: Siemens (Varian), Elekta, Accuray, General Electrics,…
    - Contacts avancés avec des producteurs de LINAC électrons (estimations), concours de l'AIEA
    - Visite officielle à Kinshasa: début octobre (à confirmer)

  - Projet inscrit dans les lois de finances:
    - Montant voté en 2022: 592 438$ (non engagé)
    - Montant voté en 2023: 379 344$ (tentative d'engagement en cours…)

  - Délai de mise en œuvre: quelques semaines après la construction du bâtiment et l'installation des équipements

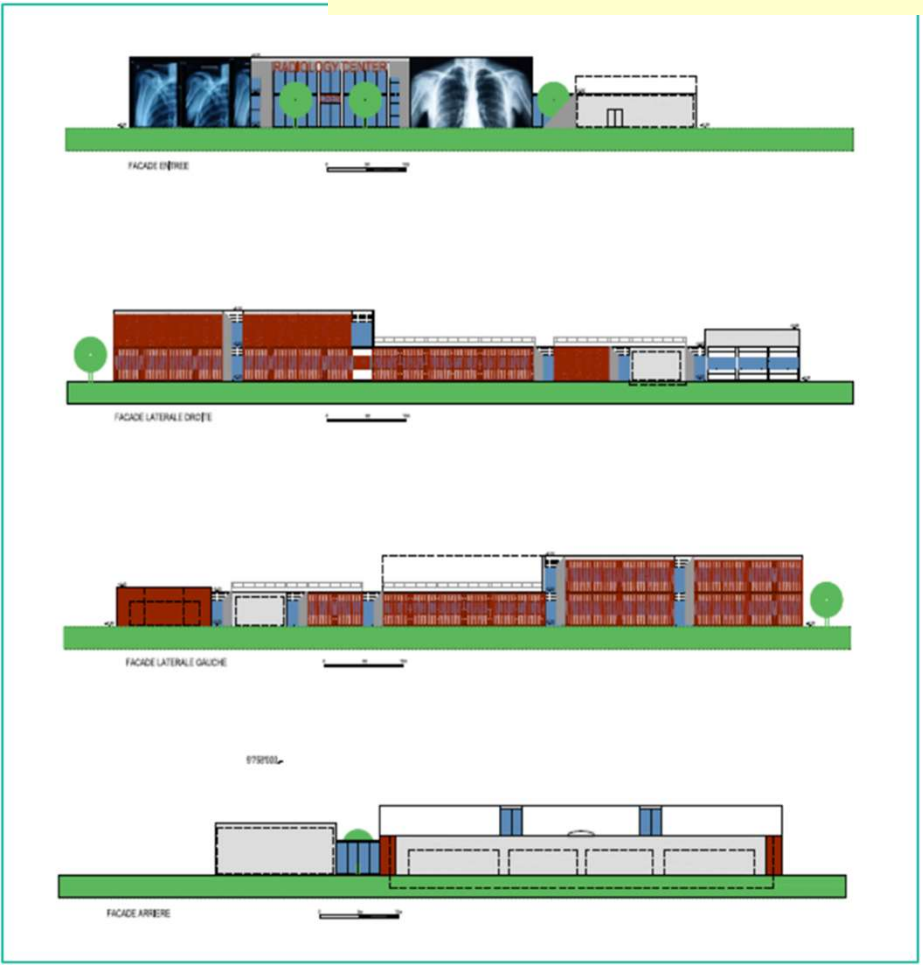
  - Demande: Lettre du Ministre SPHP pour l'adhésion officielle de la RDC aux « Rayons de l'Espoir » (AIEA)

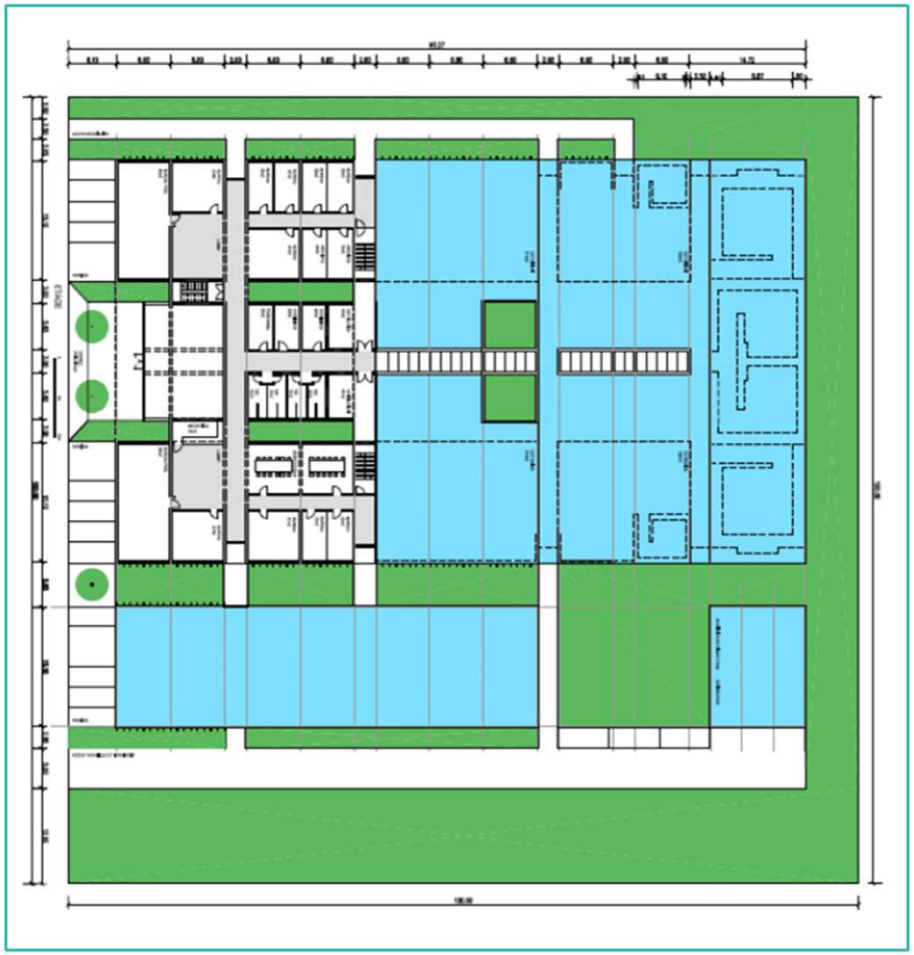
II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 1. Création d'un Centre de Diagnostic Multidisciplinaire et de Radiothérapie
  - Cadre Légal et Réglementaire
    - le CNPRI devra accompagner le projet avec des autorisations:
      - Autorisation de pré-construction
      - Autorisation de construction
    - Formation de 2 Physiciens Médicaux (au moins un Inspecteur en 2024)
    - Rédiger la Réglementation sur les Expositions médicales en Radiothérapie prévue en 2024
    - Nécessité d'obtenir la désignation et l'affectation d'un Régulateur au Projet
    - Assurance qualité (Tests de Contrôle Qualité)

II. Projets Innovants pour la Santé

II. Projets Innovants pour la Santé





II. Projets Innovants pour la Santé

II. Projets Innovants pour la Santé

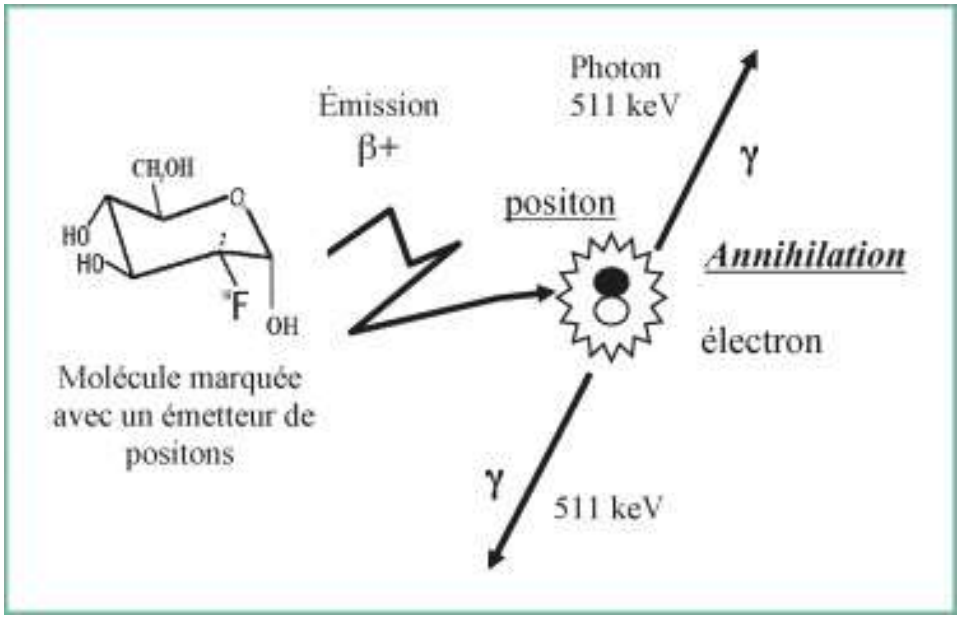
II. Projets Innovants pour la Santé

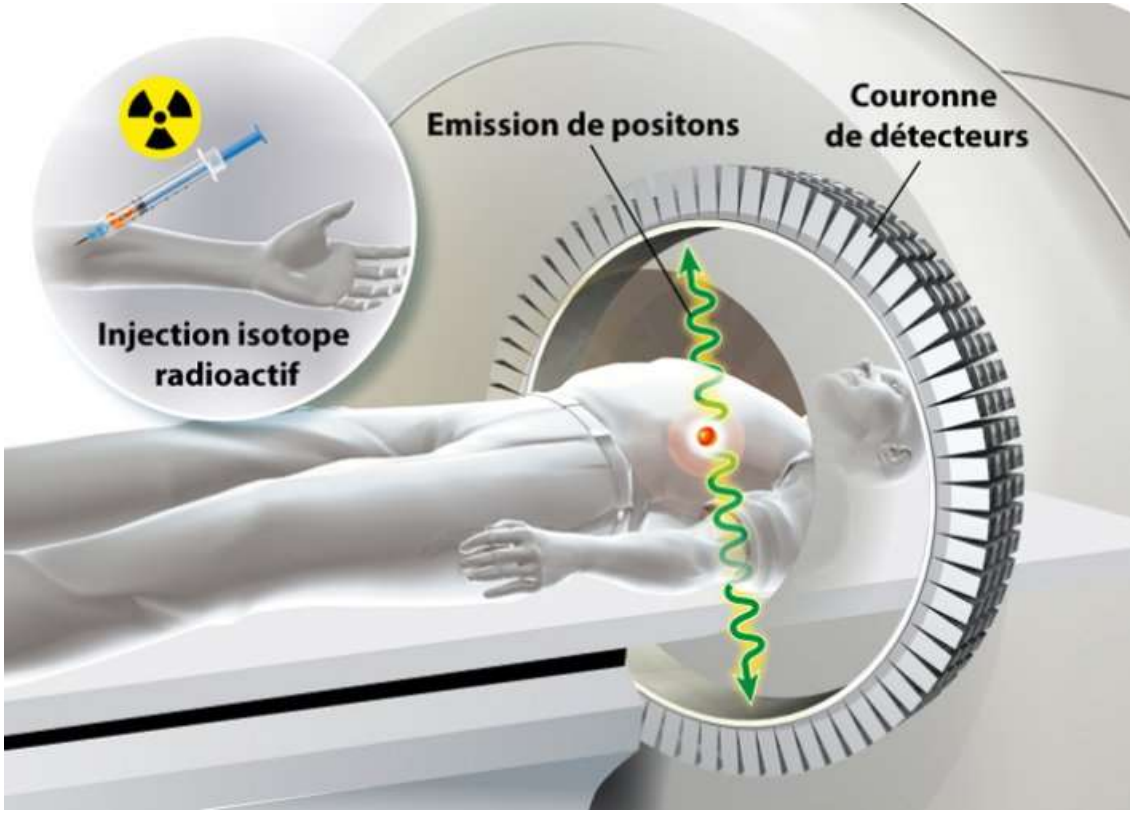
- II. 1. Création d'un Centre de Diagnostic Multidisciplinaire et de Radiothérapie
  - Formation des Personnels:
    - Physiciens Médicaux:
      - 2 agents du CGEA en formation au Maroc
      - sous financement AIEA
      - Master de Physique Médicale, Spécialisation en Radiothérapie (2022-2024)
    - Nouvelle coopération avec le CEA en France:
      - nouvelles opportunités de formation
      - Médecine Nucléaire: 1 candidate du CGEA (rentrée 2024)
      - Imagerie Médicale: 1 candidat au Dpt de Physique de l'Unikin (rentrée 2024)

II. Projets Innovants pour la Santé

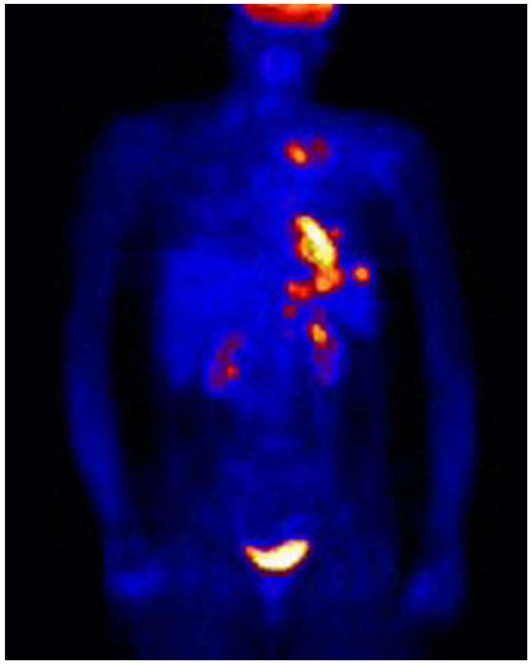
- II. 1. Création d'un Centre de Diagnostic Multidisciplinaire et de Radiothérapie
  - Ce sera le premier centre de ce type en RDC
  - Radioisotopes pour la production initiale:
    - ^{18}F (TEP): imageries en oncologie, neurologie et cardiologie ($\tau \sim 2h$)
    - ^{68}Ga (TEP): imageries du cancer de la prostate et de tumeurs neuro-endocriniennes ($\tau \sim 1h$)
    - ^{64}Cu (TEP): imagerie d'hypoxie et théragnostic ($\tau \sim 13h$)
  - D'une part différentes modalités diagnostiques, notamment des caméras de Tomographie à Emission de Positrons
    - Instrument capital pour les diagnostics de cancer
    - Utilisant le Fluoro-Deoxy-Glucose (FDG: C_6-H_{11}-^{18}F-O_5) où la molécule est marquée au ^{18}F, qui est un émetteur β^+
    - Le FDG est devenu l'outil standard pour cette modalité d'Imagerie Médicale,
    - Cependant, le ^{18}F a un temps de ½-vie court
    - Cela impose de produire le ^{18}F à proximité immédiate
    - Projet de cyclotron (13 à 30 MeV)
    - Extension naturelle de notre activité de Médecine Nucléaire (CUK)

II. Projets Innovants pour la Santé





II. Projets Innovants pour la Santé

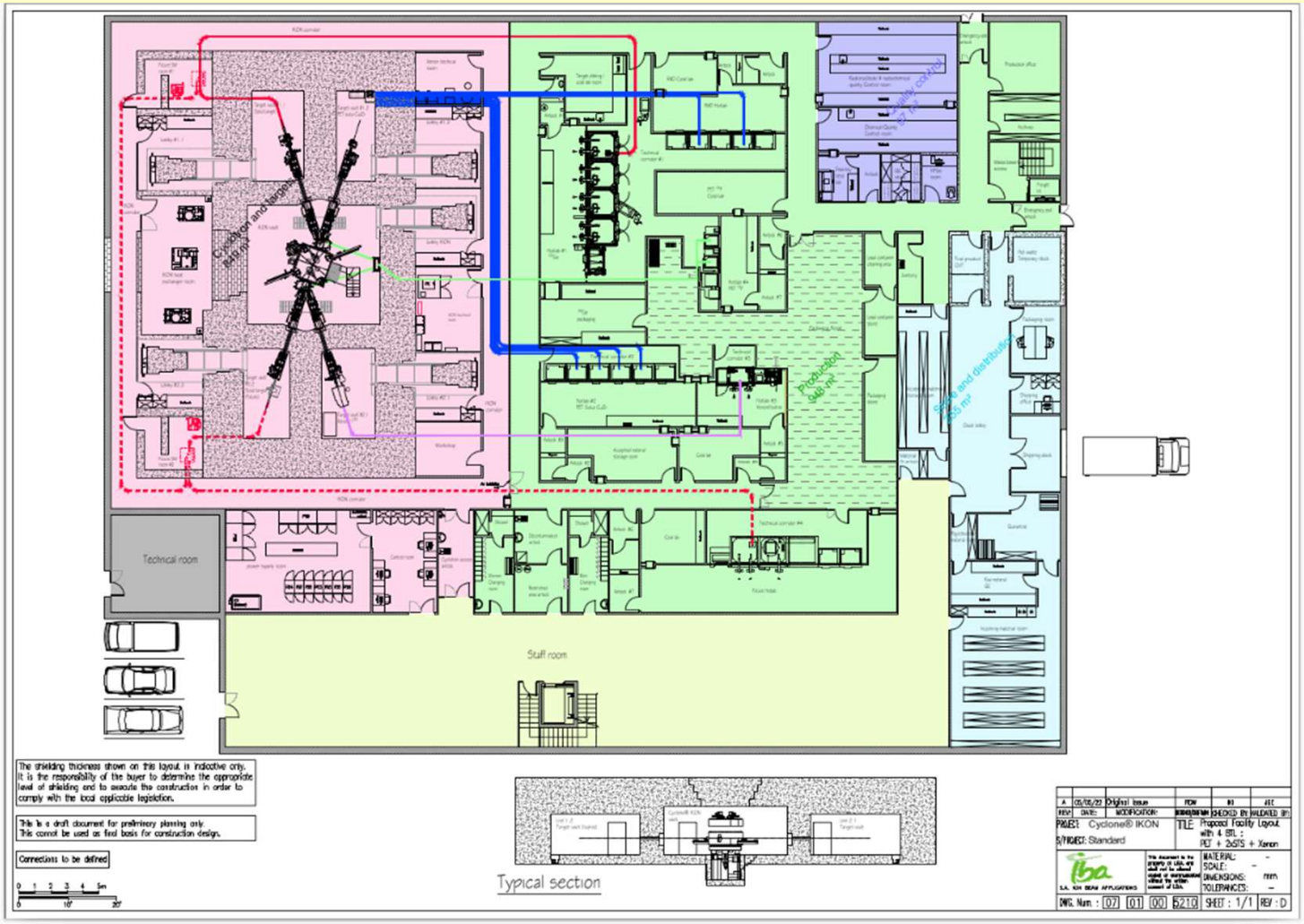


Patient atteint d'un carcinome du poumon gauche, persistant après chirurgie

II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 2. Création d'un Centre de Radiopharmacie
  - Budget Radiopharmacie:
    - 15 M$
    - NB: la RDC doit au moins financer le bâtiment (4 M$)

II. Projets Innovants pour la Santé



II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 2. Création d'un Centre de Radiopharmacie
  - Etat d'avancement:
    - Projet bien défini: spécifications des équipements (cyclotron, cibles) et cellules de radiopharmacie
    - Business Plan: en développement
    - Terrain: site de l'Unikin, commun à la radiothérapie (~2500 m²)
    - Plans architecturaux et études de faisabilité en cours (payés sur fonds propres du CGEA)
  - Entreprises identifiées:
    - Contacts très avancés avec le leader mondial de la production de cyclotrons IBA (facture proforma), alternative GE
    - Visite officielle à Kinshasa: 2 au 4 octobre
  - Formation des Personnels:
    - Physicien Pilote de Cyclotron: 1 agent CGEA, financé sur fonds propres, Master 2 de Physique puis thèse à Nanates « Mise en Œuvre d'une Méthode PIXE à l'aide d'un Cyclotron » (M2: 2023-2024, Ph.D.: 2024-2027)
    - Nouvelle coopération avec le CEA en France:
      - nouvelles opportunités de formation
      - Radiopharmacien: recherche en cours d'une 2è personne au CGEA (priorité secondaire)

II. Projets Innovants pour la Santé

- II. 2. Création d'un Centre de Radiopharmacie
  - Tentative d'obtenir l'inscription sur une ligne budgétaire officielle (pour 2024)
  - Délai de mise en œuvre: quelques semaines après la construction du bâtiment et l'installation des équipements
  - Demande: Lettre du Ministre SPHP pour l'adhésion officielle de la RDC aux « Rayons de l'Espoir » (AIEA)

III. Projets Innovants pour l'Alimentation

- III. Création d'un Centre d'Irradiation par des Electrons ou des Rayons X
  a) Applications en Radio-agronomie
  b) Applications pour la Sécurité Alimentaire (élimination de bactéries,…)
  c) Applications pour la Préservation de Productions Agricoles (frein à la germination,…)
  d) Applications pour des Essais Non-Destructifs
  e) Applications pour des Stérilisations Médicales
  f) Expériences de Physique pour la Formation et la Recherche

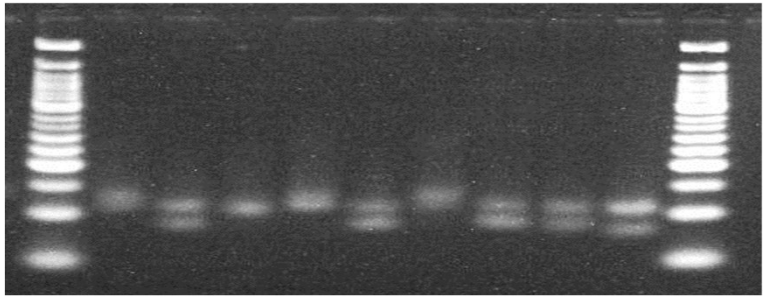
III. Projets Innovants pour l'Alimentation

Irradiateur gamma: ^{60}Co ou ^{137}Cs

Amélioration des plantes

AIEA:

- Coopération Technique: COD5030
- Coopération Régionale: RAF5083



Lignées mutantes (stables) à haute valeur nutritionnelle

III. Projets Innovants pour l'Alimentation

- Cobalt-60 has major environmental and security issues
- Cobalt-60 is expensive (~ $7/Curie)
  - Small facility : 300,000 Curies ~ $2.1million (just to order the material, does not include shipping, safeguarding or disposal)
- Cobalt-60 is not available easily
- Cannot be switched off
- 12% continuous loss due to natural radioactive decay
- Cobalt-60 cannot be transported easily
- Today, it is **more expensive to build, maintain and replenish a cobalt-60 facility compared to a commercial scale eBeam facility**

The Americas

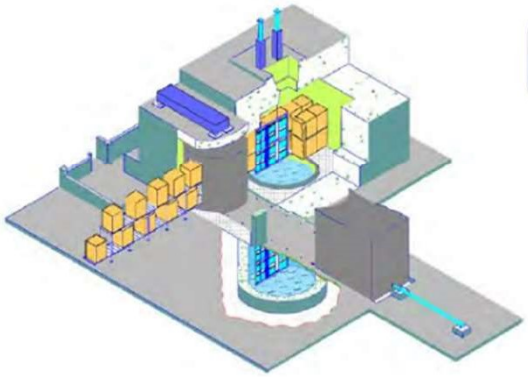
Stolen cobalt-60 found in Mexico; thieves may be doomed

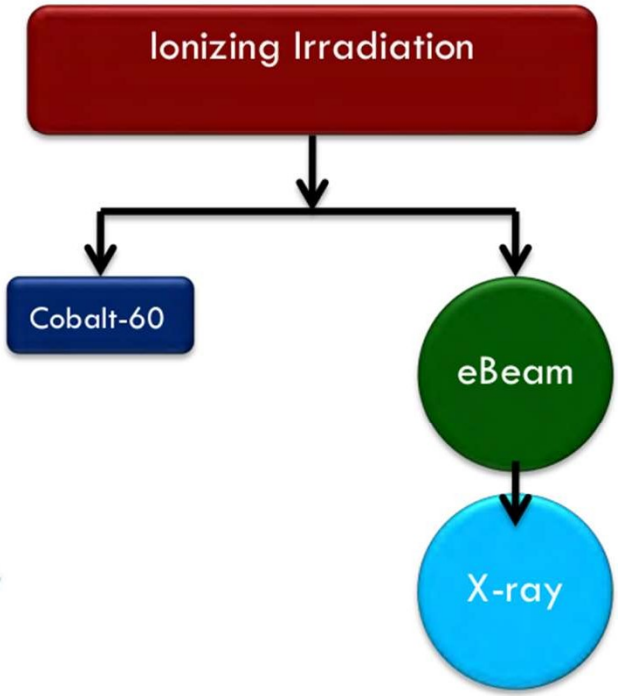
By Gabriela Martinez and Joshua Partlow

MEXICO CITY — Mexico's public-health scare turned into a logistical hurdle Thursday as authorities sought to safely put a stolen load of radioactive material back into its container.

III. Projets Innovants pour l'Alimentation

- **Isotope based radiation**
  - Gamma radiation (cobalt-60 and cesium-137)

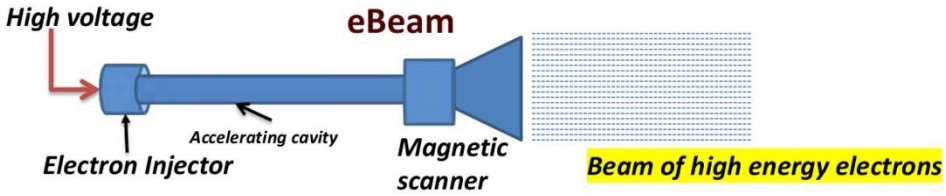




Alternative Technologies (machine generated)

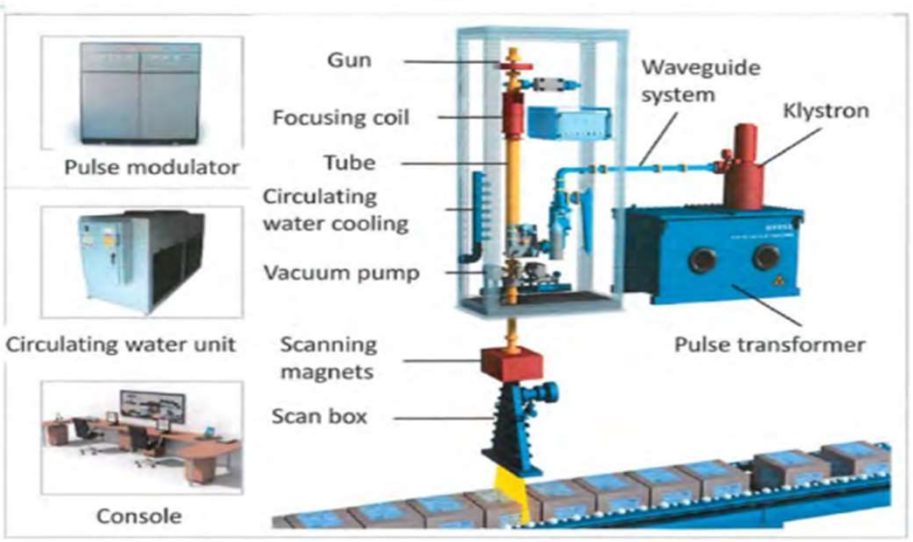
Electron beam (eBeam)
X-ray technology (X-ray)

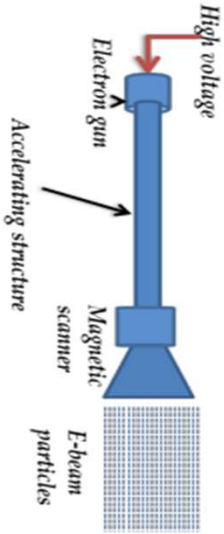
III. Projets Innovants pour l'Alimentation



Production d'un faisceau d'électrons

Linear Accelerator (Linac)

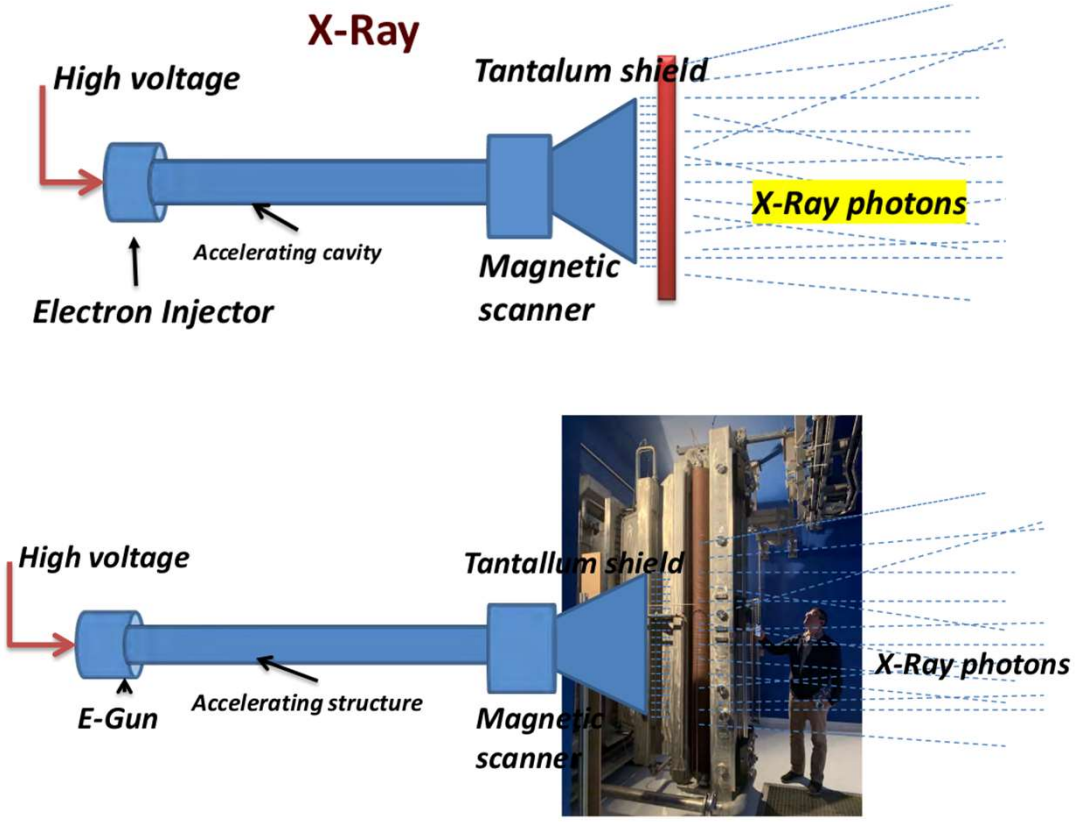




Food pasteurization, medical supplies sterilization, spice sterilization, gem-stone coloring, polymer modification,

Irradiateur électron industriel

III. Projets Innovants pour l'Alimentation



III. Projets Innovants pour l'Alimentation

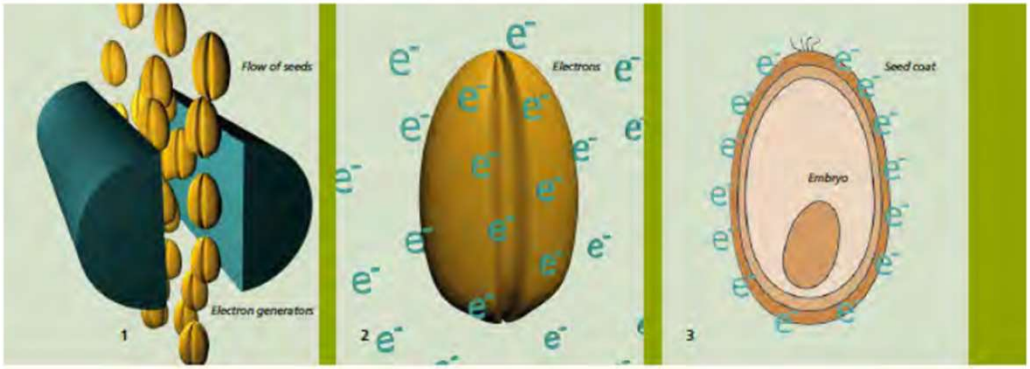
- Low Energy Electron Beam (LEEB): < 1 MeV electrons
- Low Energy X-ray (LEEX): < 1 MeV photons

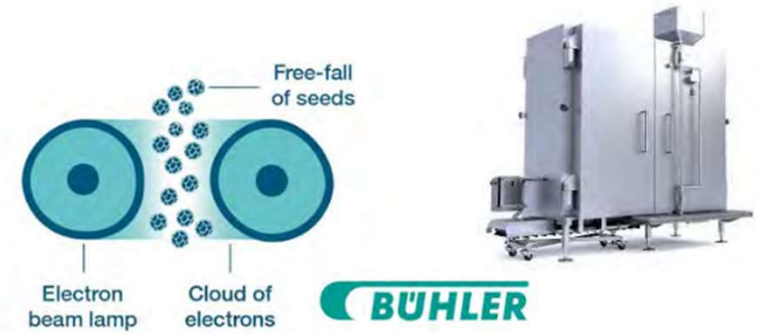
- Medium Energy Electron Beam (MEEB): 1 MeV – 5 MeV electrons
- Medium Energy X-ray (MEEX): 1 MeV – 5 MeV photons

- High Energy Electron Beam (HEEB): 5 MeV – 10 MeV electrons
- High Energy X-rays (HEEX) : 5 MeV – 7.5 MeV X-ray photons

Coût: ~15M$

III. Projets Innovants pour l'Alimentation



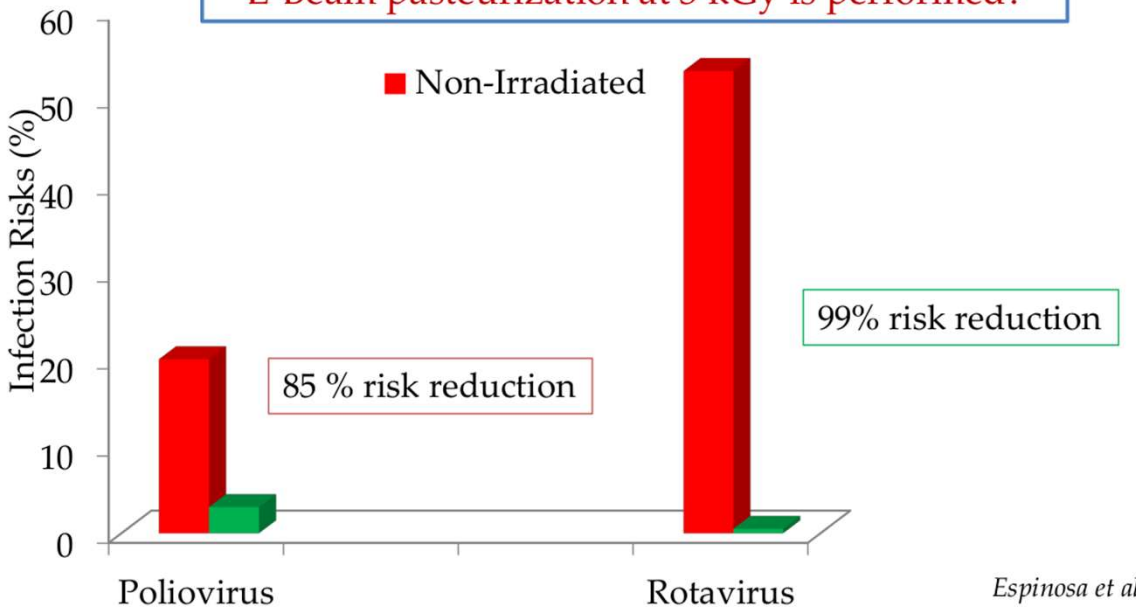


III. Projets Innovants pour l'Alimentation

eBeam Reduces Infection Risks from Rotavirus and Poliovirus on Lettuce

Assuming Serving size of lettuce (14 g) contaminated ~ 10 viruses

What would be the reduction in Infection Risks if E-Beam pasteurization at 3 kGy is performed?



Espinosa et al., AEM, Feb 2012

III. Projets Innovants pour l'Alimentation

Significant Reduction in Infection Risks from Raw Milk is eBeam pasteurized at 2.0kGy

Pathogen	Pathogen Concentration in raw milk (CFU/serving[1])	Infection risks without eBeam pasteurization	Pathogen Concentration in eBeam pasteurized milk[2,3] (CFU/serving)	Infection risks after eBeam pasteurization	Mean Risk reduction
C. jejuni	Mean: 3.16×10^8 Median: 2.98×10^5	Mean: 7.80 / 10 persons Median: 7.83 / 10 persons	< 1	Mean: 4.34E-21 Median: 4.09E-21	>99.99%
E. coli O157:H7	Mean: 1.13×10^8 Median: 2.98×10^5	Mean: 9.90 / 10 persons Median: 9.90 / 10 persons	< 1	Mean: 2.46E-28 Median: 6.49E-31	>99.99%
L. monocytogenes	Mean: 1.15×10^7 Median: 1.13×10^4	Mean: 7.94 / 10 persons Median: 8.01 / 10 persons	< 1	Mean: 1.52E-07 Median: 1.50E-10	>99.99%

Assumptions:

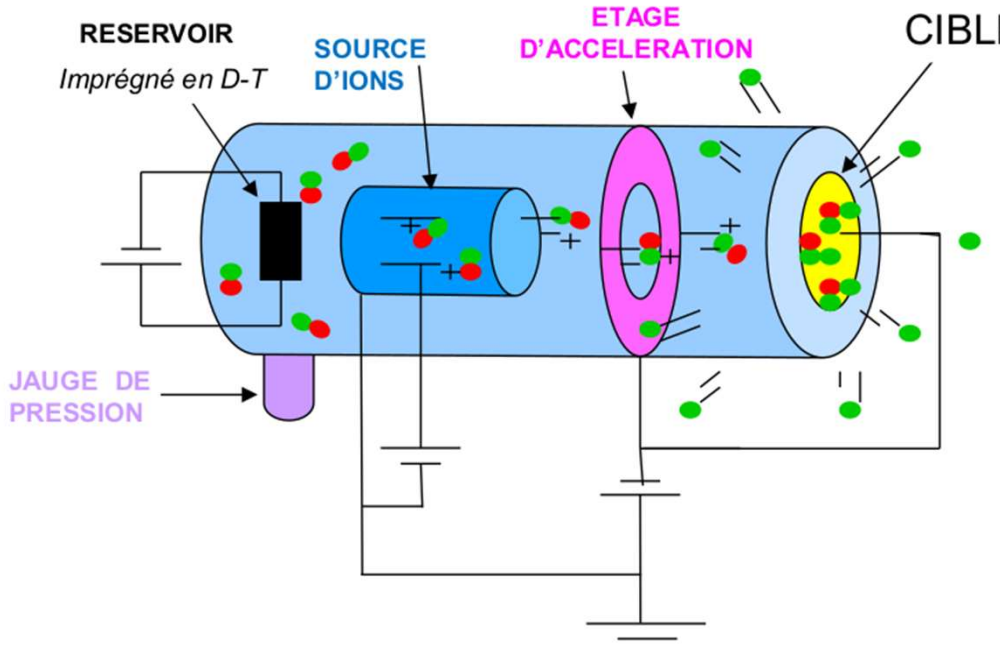
[1]Serving size: triangular distribution between 0mL – 711mL, with 237mL the most likely

[2]Pasteurization dose: 2.0kGy

[3]*C. jejuni* 28-log reduction; *E.coli* O157:H7 32-log reduction; *L. monocytogenes* 12-log reduction

IV. Projets Innovants pour l'Analyse et l'Industrie

- IV. Acquisition d'une source portative de neutrons



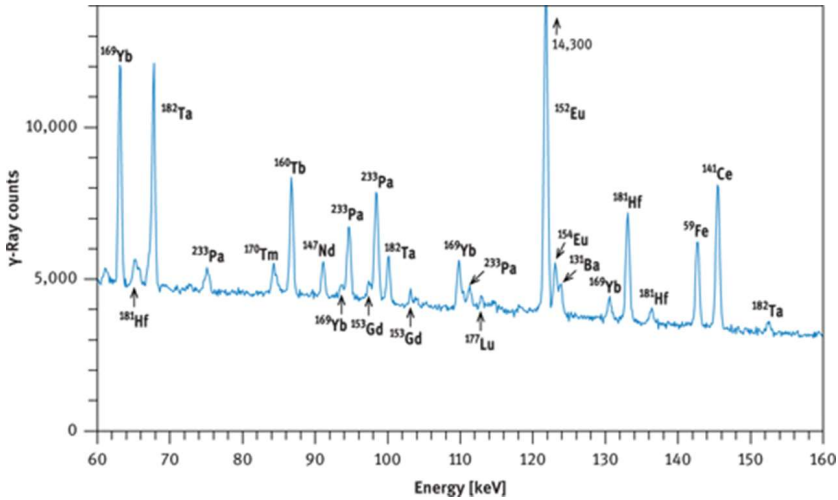
Pour obtenir la réaction nucléaire

- Mise en pression du tube : chauffe du réservoir pour libérer gaz D+T
- Plasma généré par la source d'ions VSI
- Ions accélérés par la THT,
- Focalisation des ions sur la cible
- Emission de neutrons

IV. Projets Innovants pour l'Analyse et l'Industrie

IV. Projets Innovants pour l'Analyse et l'Industrie

- IV. 1. Acquisition d'une source portative de neutrons
  a) Analyse par Activation Neutronique (AAN)
  - C'est une des techniques les plus fiables d'analyse d'échantillons de composition inconnue, ayant un intérêt biologique, environnemental, de médecine légale, industriel, minier,…
  - Capable de déceler des éléments même à l'état de trace
  - On bombarde l'échantillon par un flux de neutrons
  - Ces neutrons induisent des réactions nucléaires qui rendent les noyaux de l'échantillon radioactifs (activation)
  - On analyse la radioactivité gamma émise par l'échantillon activé
  - Par spectrométrie gamma pour identifier les éléments et déterminer
  - leur proportions dans l'échantillon



IV. Projets Innovants pour l'Analyse et l'Industrie

- IV. 1. Acquisition d'une source portative de neutrons
  - b) Applications Industrielles
  - Analyse d'éléments par des Techniques Non-Destructives (NDT)
    - Mesure de la composition isotopique d'un matériau
    - Simulation accélérée (en laboratoire) du vieillissement de bétons
    - Ex: distinction entre l'eau (élément léger) et le pétrole (éléments lourds) dans la prospection pétrolière

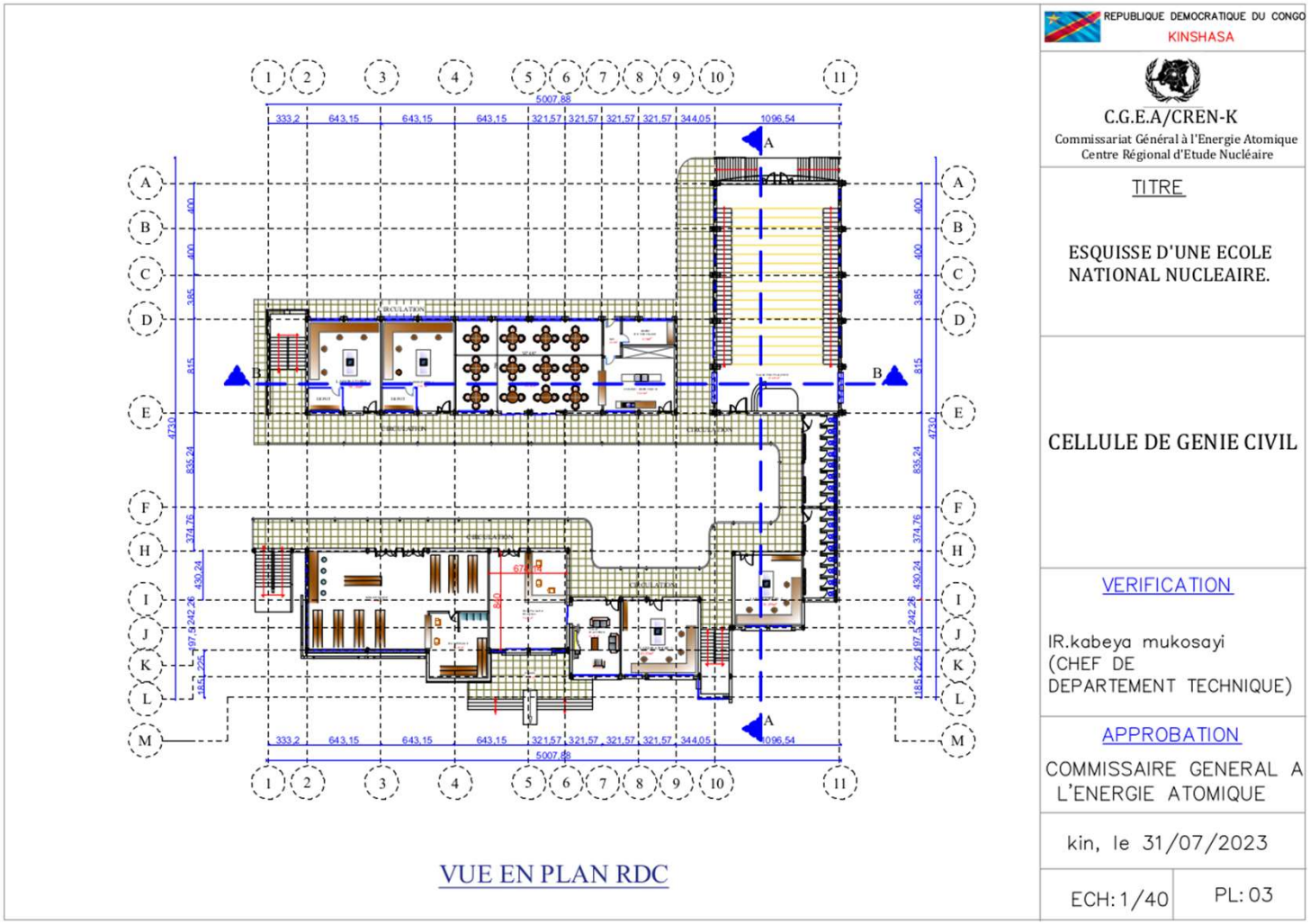
- Budget:
  - Equipements: 385 000$
  - Blindage neutrons: fabrication, installation (à chiffrer)

- Délai de mise en œuvre: quelques jours après l'installation des équipements et la mise en place du blindage

IV. Projets Innovants pour la Formation

- IV. 1. Création d'une Ecole Nationale Supérieure de Sciences et Techniques Nucléaires à Kinshasa
  - But:
    - Former en 3 ans (L3) des techniciens en Sciences et Techniques Nucléaires, directement employables
    - Former en 2 ans supplémentaires (M2) des ingénieurs en Sciences et Techniques Nucléaires, directement employables
  - Nécessité de construire un bâtiment dédié (L2, L3, M1, M2)
  - Plans architecturaux et études de faisabilité en cours…
  - Partenaires:
    - AIEA: COD6016
    - Unikin
    - CNESTEN, CEA (en discussion)
  - Pas encore de ligne budgétaire officielle

IV. Projets Innovants pour la Formation



IV. Projets Innovants pour la Formation

IV. Projets Innovants pour la Formation

IV. Projets Innovants pour la Formation

IV. Projets Innovants pour la Formation

IV. Projets Innovants pour la Formation

- IV. 2. Création d'un Master et d'un Doctorat en Physique Corpusculaire et Cosmologie
  - En phase avec le passage au système LMD à la Faculté des Sciences et Technologies de l'Unikin (fin du L3)
  - But:
    - renforcer la formation classique par et pour la recherche
    - qui garantit un niveau qualitatif élevé aux étudiants de la Mention Physique
    - dont un certain nombre passera ensuite par le CREN-K (stages académiques et professionnels, chercheur associé, agent du CGEA)

  - Partenaires:
    - Unikin
    - Sorbonne Université, Paris
    - Aix-Marseille Université

  - Budget:
    - FSPI: demande 30-40 k€ en septembre 2023

V. Projets Innovants pour la Sécurité

- V. 1. Amélioration de la Protection Physique des Installations du CREN-K

  - Projets Internationaux:
    - salle TRICO 1, bâtiment TRICO 2, salle des déchets, enceinte du CREN-K
    - Caméras de surveillance, poste de contrôle, détecteurs de mouvement, contrôle d'accès
    - Partenaires: AIEA, USA Department of Energy

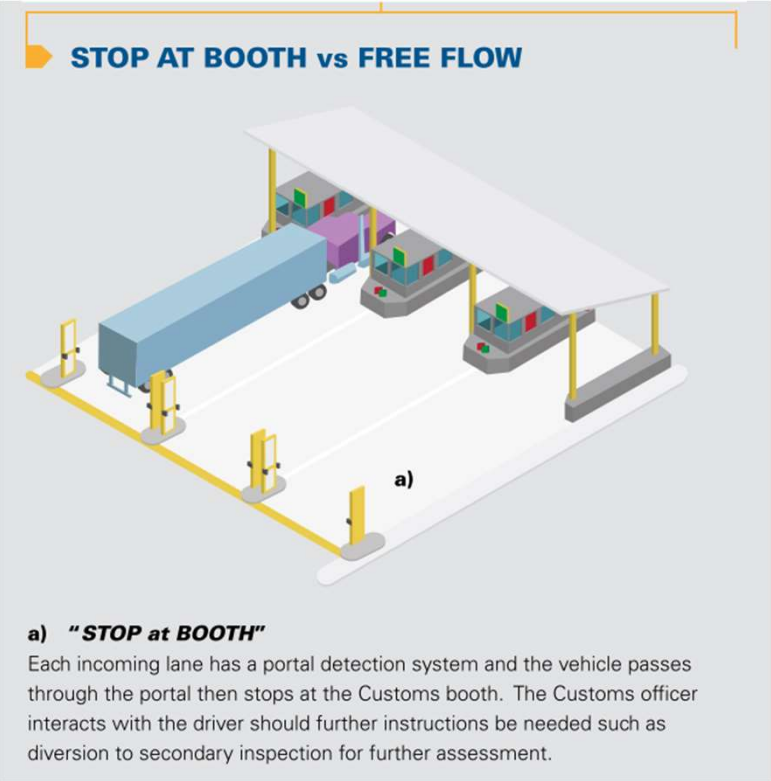
  - Projet CGEA:
    - protection du premier « Data Center » (contrôle d'accès, ventouses magnétiques)

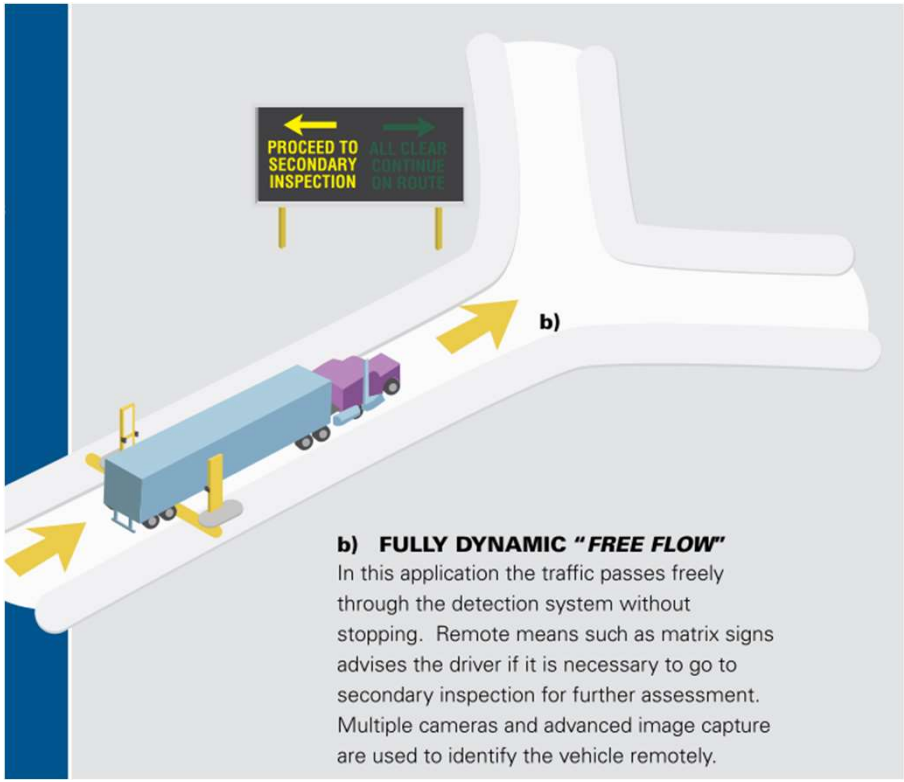
V. Projets Innovants pour la Sécurité

- V. 2. Relancer l'Exploration et l'Exploitation du l'Uranium et du Thorium

V. Projets Innovants pour la Sécurité

- V. 3. Création de Postes de Détection Automatiques de la Radioactivité aux Frontières





V. Projets Innovants pour la Sécurité

V. Projets Innovants pour la Sécurité

V. Projets Innovants pour la Sécurité

V. Projets Innovants pour la Sécurité

VI. Conclusions

- Le CGEA prépare activement de nombreuses innovations qu'il juge capitales pour le développement du pays

  - Il travaille à:
    - l'appréhension et à la maîtrise de nouvelles technologies,
    - la formation de ses cadres et techniciens,
    - à l'aménagement de sites pour des infrastructures nouvelles,
    - à la numérisation de ses activités et de son organisation

  - Face à des projets actuels ou futurs dont les budgets se chiffrent en millions de dollars, le CGEA est complètement dépendant des investissements de l'Etat pour lancer la dynamique de soutien de partenaires en vue de la concrétisation de ses projets

VII. Perspectives

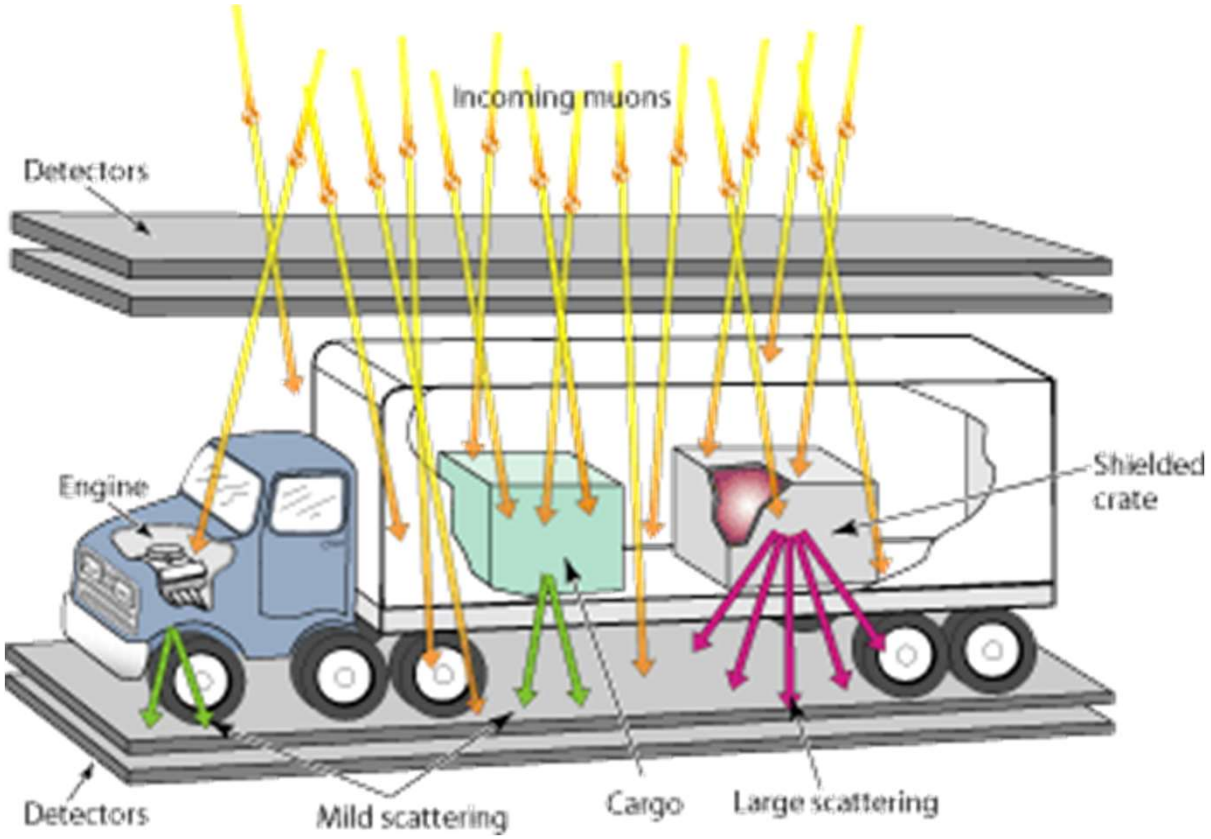
- Notre ambition est de refaire du CGEA un « bras » puissant et expert de l'Etat dans le secteur des Sciences et Techniques Nucléaires

  - De lui permettre de prendre le nouveau virage technologique du secteur: les accélérateurs de particules, pour en prendre le leadership régional et de fournir leurs très nombreuses applications au développement du pays

  - De lui permettre d'être l'acteur central dans la relance de l'exploration et l'exploitation du l'uranium et du thorium

  - De lui permettre de devenir le garant efficace de la fin des trafics illicites de matières uranifères en RDC

BACK-UP


Incoming muons
Detectors
Engine
Shielded crate
Detectors
Mild scattering
Cargo
Large scattering

Profile et fardeau du Cancer en RDC

- Rapport OMS, les maladies non transmissibles (MNT) représentaient 48 % des décès en RDC en 2018.
- Les principales causes de décès attribuées aux MNT étaient les maladies cardiovasculaires (10 %) et le cancer (5 %).
- GLOBOCAN, Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, 2020) estime à **48 839 nouveaux cas** (21 617 chez les hommes et 27 222 chez les femmes) et **34 412 décès** par cancer (15 571 chez les hommes et 18 841 chez les femmes).
- Les femmes sont les plus touchées en raison du lourd fardeau du cancer du col de l'utérus avec **7 772 nouveaux** cas (28%), du cancer du sein avec **7 267 nouveaux cas** (26%) et du cancer colorectal avec 1449 nouveaux cas (5%).