



La radioprotection

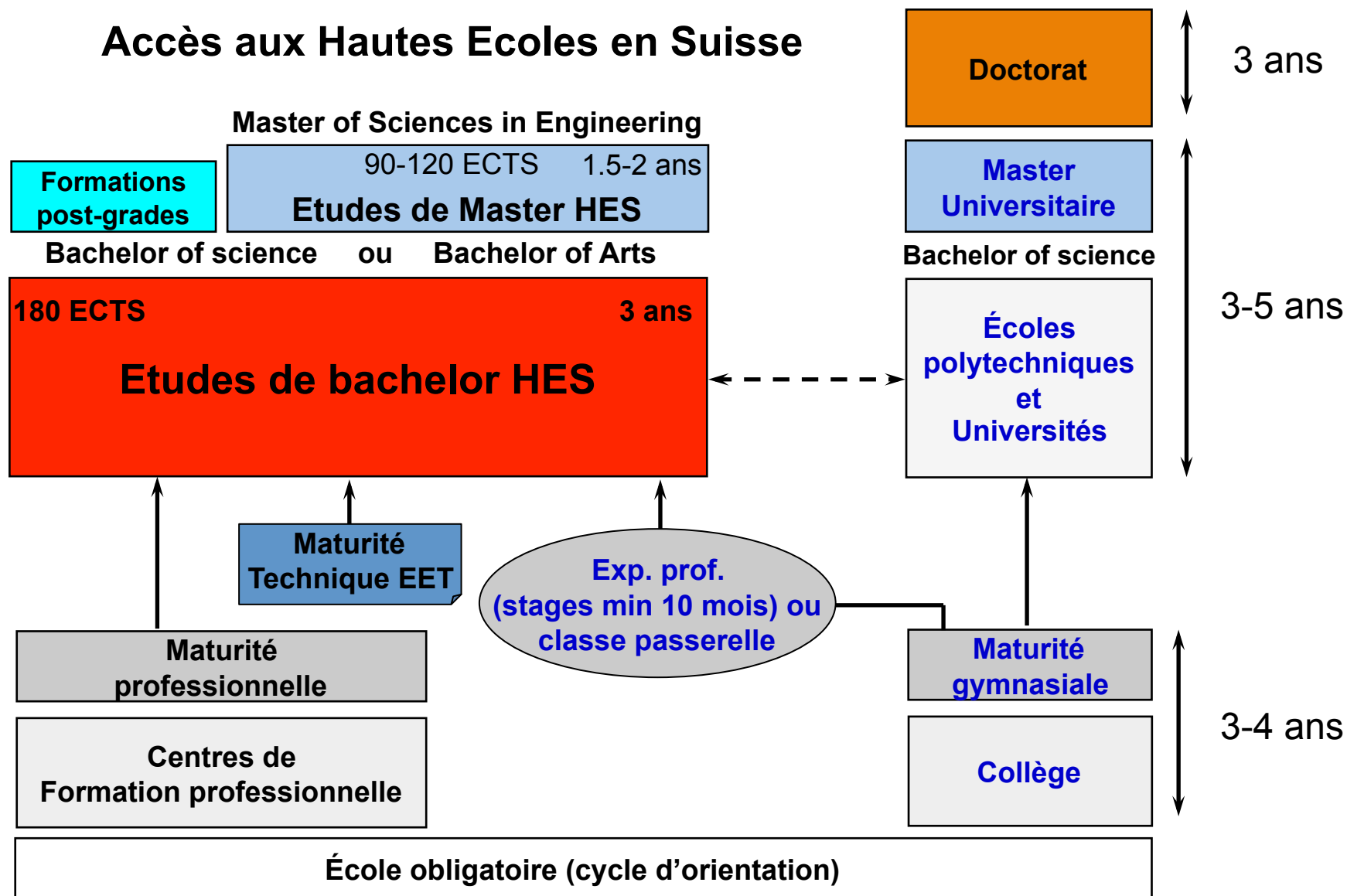
Le nucléaire appliqué

enseignement au niveau HES

Plan de l'exposé

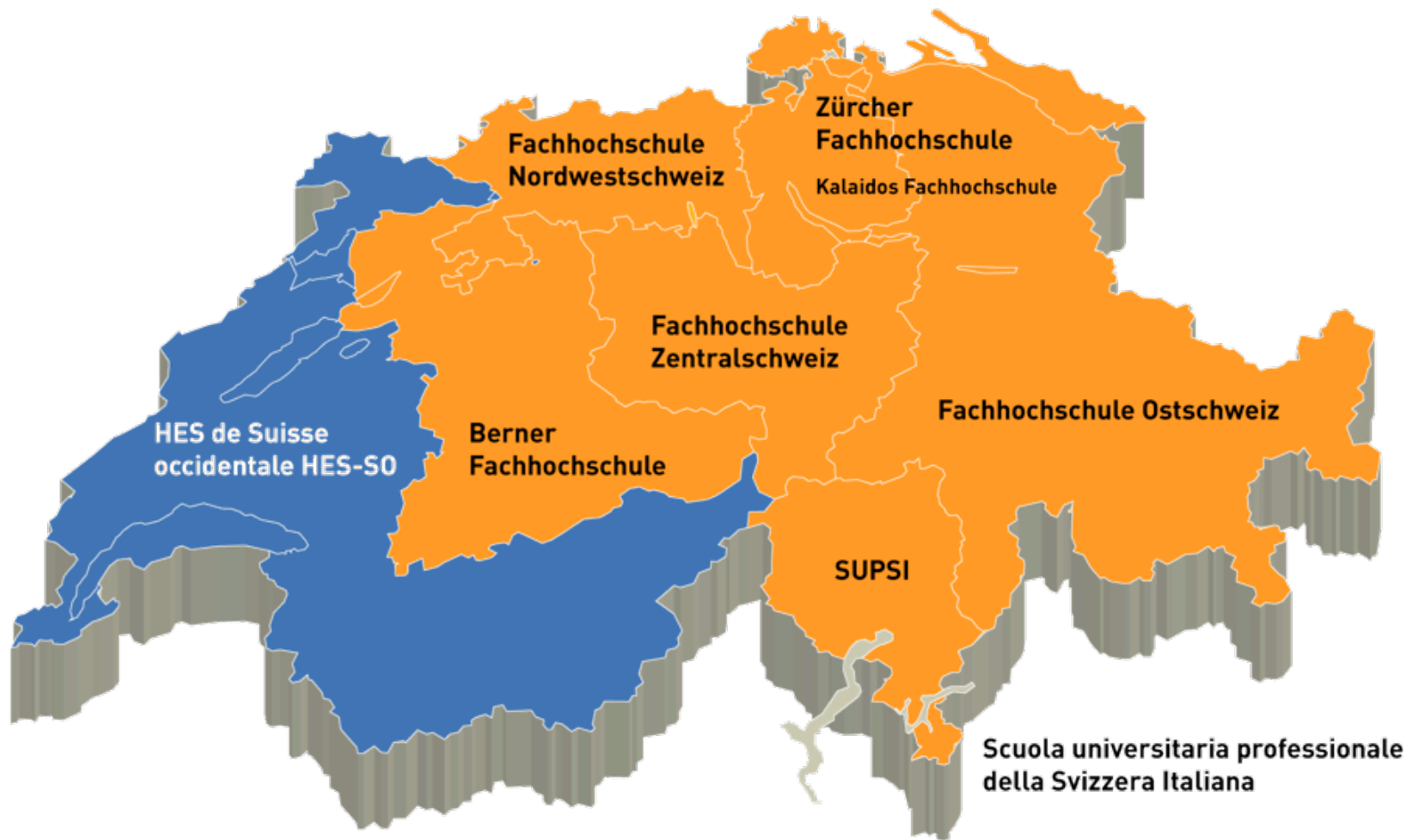
- **Accès aux Hautes écoles en Suisse**
- **Les Hautes Ecoles Spécialisées en Suisse**
- **La Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale**
- **L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia**
- **L'enseignement du nucléaire appliqué à la heds**

Accès aux Hautes Ecoles en Suisse



L'avenir est à créer

Les Hautes Ecoles Spécialisées en Suisse



54'000 étudiantes et étudiants

La Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale

Plus de 12'000 étudiantes et étudiants = la plus grande HES de Suisse

Haute école ARC (Berne, Jura, Neuchâtel)

Haute Ecole Arc Arts appliqués
Haute Ecole Arc Economie
Haute Ecole Arc Ingénierie
Haute Ecole Arc Santé

Ecole hôtelière de Lausanne

HEV - Haute école vaudoise

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud
Haute école d'arts appliqués du canton de Vaud
Haute école cantonale vaudoise de la santé
Haute école de santé La Source
Haute école de travail social et de la santé
Haute école de musique (classique et jazz)

Ecole d'ingénieurs de Changins

HES-SO Genève

Ecole d'ingénieurs de Genève
Ecole d'ingénieurs de Lullier
Haute école d'art et de design - Genève
Haute école de gestion de Genève
Haute école de santé Genève
Haute école de travail social Genève
Haute école de musique de Genève

Siège HES-SO

HES-SO Fribourg

Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg
Haute école de gestion de Fribourg
Haute école de santé Fribourg
Haute école fribourgeoise de travail social

HES-SO Valais

Haute école valaisanne – Économie & Services
Haute école valaisanne – Santé - Social
Haute école valaisanne – Sciences de l'ingénieur
Ecole cantonale d'art du Valais



Formation des enseignant-e-s - chercheurs-chercheuses

Professeur-e HES ou Chargé-e d'enseignement HES

- **Formation didactique** HES-SO (environ 18 journées de formation pédagogique)
- Aide d'un conseiller en pédagogie, M. Gabriel Eckert
- 10% du temps pour le **perfectionnement professionnel**
- **Travaux de Ra&D** financé par des tiers
- *Les trois personnes concernées à hepia (physicien, chimistes) ont suivi la formation d'expert en radioprotection, aussi la formation chauffeur*

Qualification des formations HES

- Reconnaissance au niveau Suisse et Européen
- Peer Review des formations Bachelor en 2001 et 2003 (autorisation de l'OFFT d'exploitation)
- Prochaines Peer Review pour les formations Bachelor et Master en 2012-2013

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

2^{ème} année du **département des technologies industrielles**
(**Génie mécanique et Microtechniques**)

Cours à option de radioprotection (32 périodes de 45')

- La radioactivité, schéma de désintégration, blindage
- Dose, débit de dose, unités
- Action biologique des radiations
- Effets cellulaires des radiations
- Effets des radiations sur l'organisme
- Quantification du risque en radioprotection
- Principes de radioprotection
- Irradiation de la population
- Grandeurs fondamentales, grandeurs d'appréciation, limites secondaires et valeurs directrices
- Ordonnance du 21 novembre 1997 sur l'utilisation des sources radioactives non scellées
- Ordonnance du 7 octobre 1999 sur la dosimétrie individuelle
- Exercices
- [Quiz sur Dokeos](#)

Environ 25 étudiant-e-s par année



L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Module de Nucléaire appliquée composé d'un Cours de Physique (Cours: 112 pér., TP: 64 per.) et un cours de Chimie nucléaire (Cours 48 pér., TP: 48 pér.)

En tout pas moins de 304 périodes d'enseignement de 45' + projet et travail de Bachelor.

Physique nucléaire

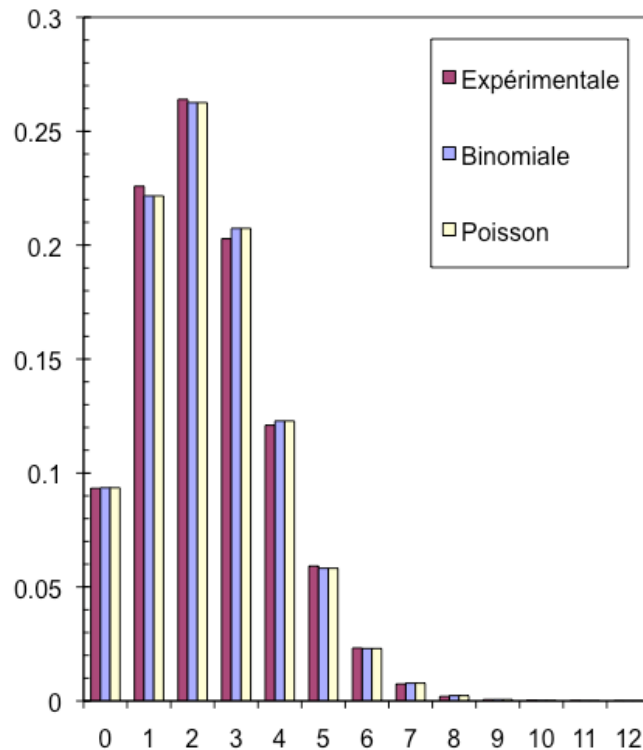
- La radioactivité, schéma de désintégration, etc.
- Interactions avec la matière (α , β , γ , neutrons)
- Méthodes de détection
 - Compteur à gaz (G-M, compteur proportionnel, chambre d'ionisation)
 - Compteur à scintillation (NaI, méthode des coïncidences β - γ)
 - Compteur germanium; spectrométrie X, γ
 - Spectrométrie α
 - Scintillation liquide (Efficiency tracing, CIEMAT-NIST, double-triple coïncidence)
 - Détecteurs neutrons
 - Dosimétrie
- La neutronique
 - Activation
 - Physique des réacteurs à fission
 - Gestion des déchets

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

1) démonstration de la décroissance exponentielle de la radioactivité avec le temps



Distribution de Poisson

La densité de probabilité d'une telle distribution est donnée par:

$$P(k) = (At)^k \cdot \frac{e^{-A \cdot t}}{k!}$$

où $P(k)$ est la probabilité d'observer k désintégrations pendant le temps t et A l'activité de la source (le nombre moyen de désintégrations par seconde).

Seuls labos nucléaires au niveau HES

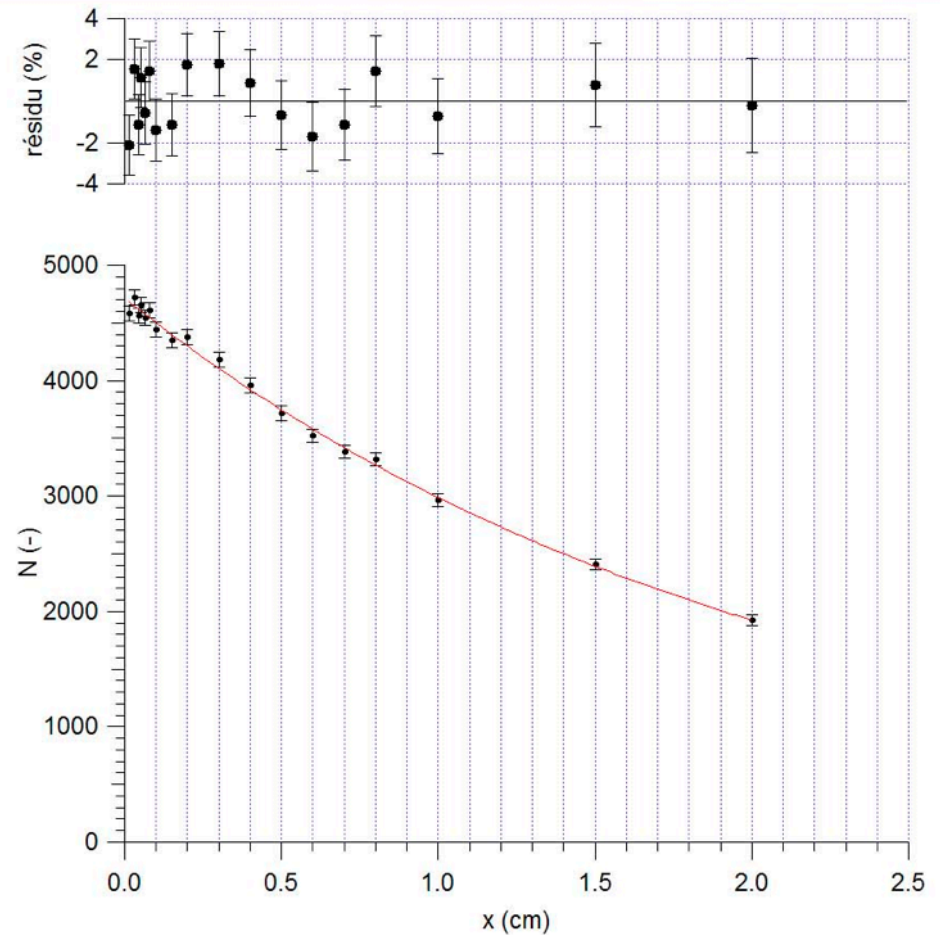
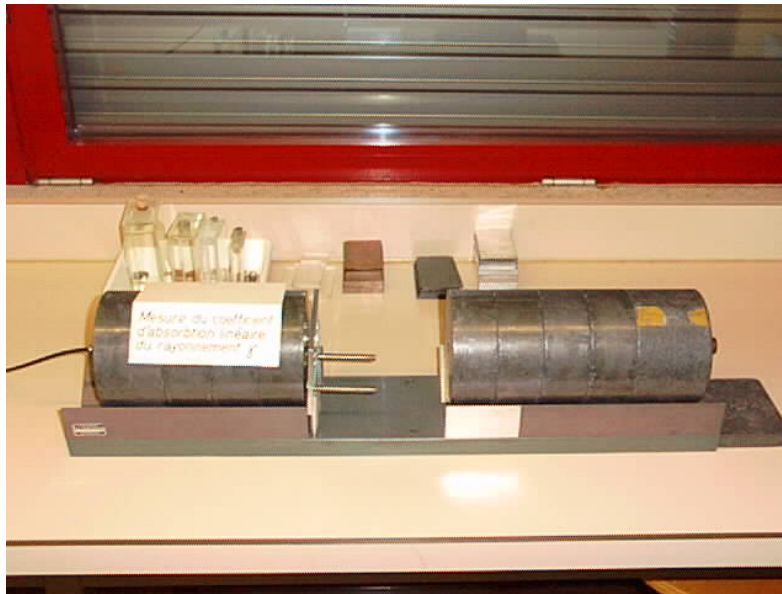


L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

- 2) temps mort d'un compteur G-M
- 3) atténuation des photons par un blindage



L'avenir est à créer

h e p i a

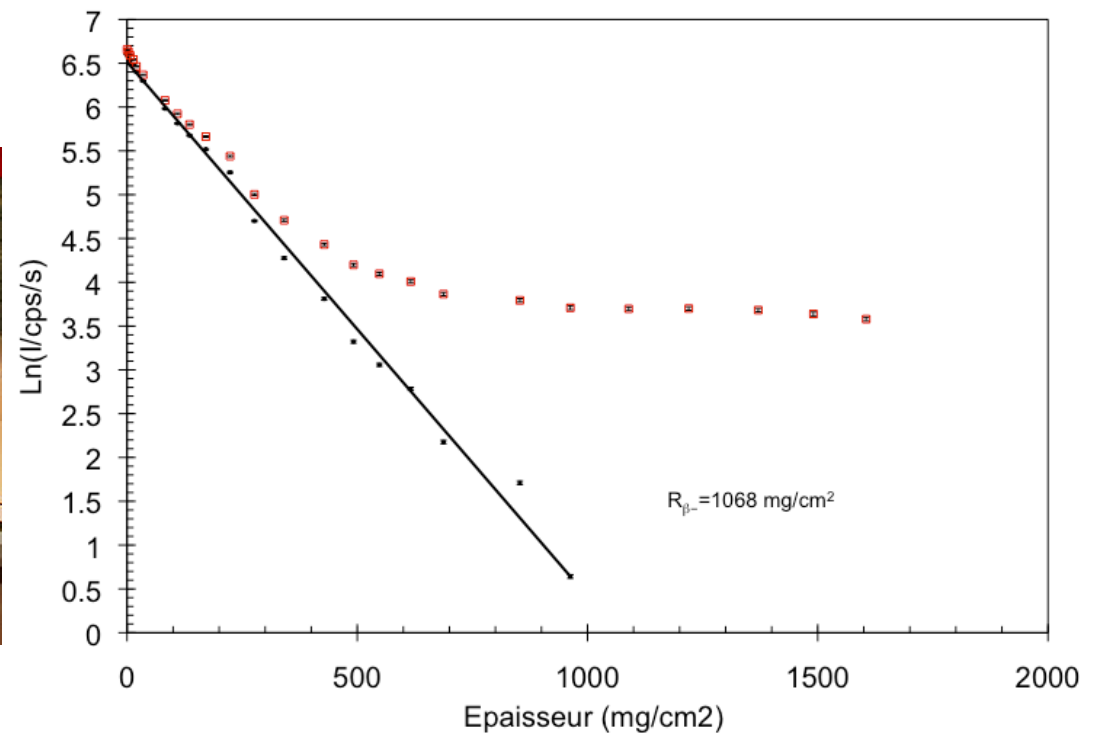
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

4) absorption des béta par un blindage



L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

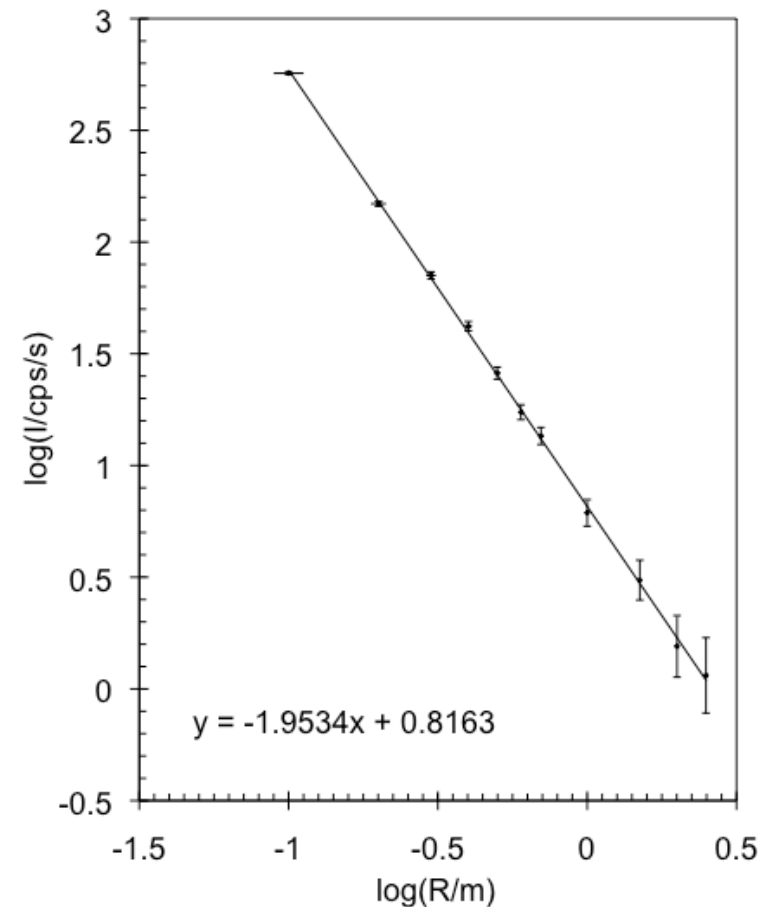
3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

5) décroissance de l'intensité d'un faisceau de photons avec la distance

6) détermination de h_{10}

$$\dot{H}_{10}^* = \frac{A h_{10}}{R^2}$$



L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

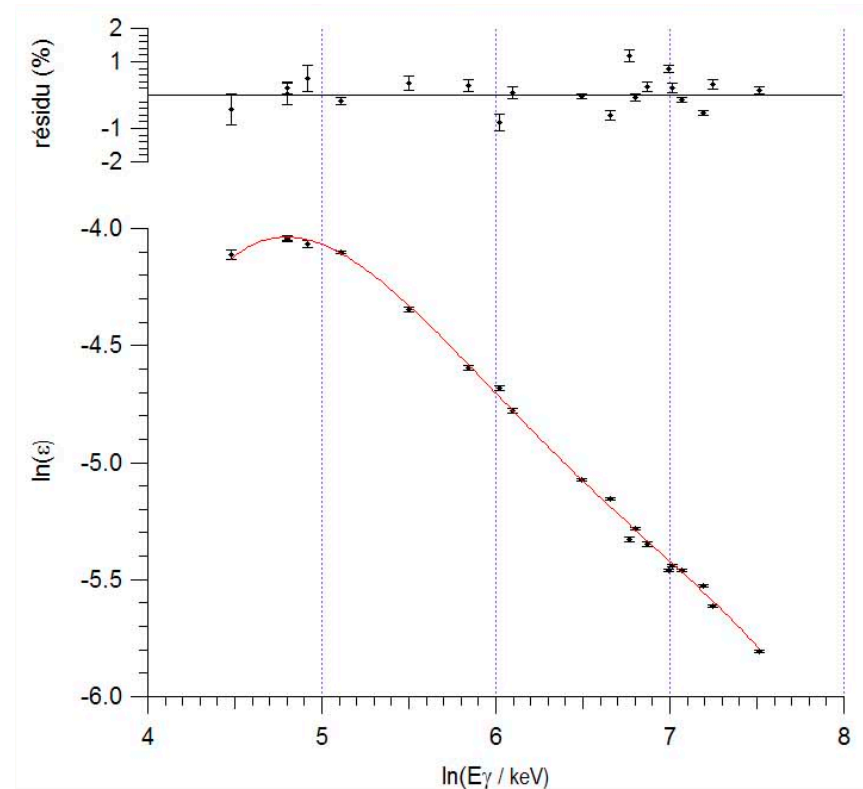
3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

7) spectrométrie gamma (NaI, HPGe)



- a) Etalonnage en énergie et résolution
- b) Détermination d'une courbe d'efficacité
- c) Mesures de sources inconnues



L'avenir est à créer

h e p i a

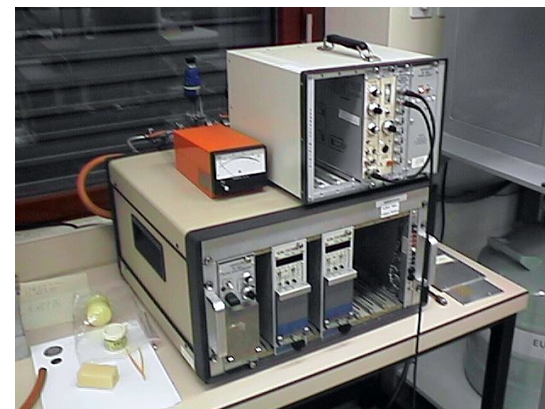
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

- 8) compteur proportionnel à gaz
- 9) mesure de la concentration en radon 222
- 10) chambre d'ionisation
- 11) spectrométrie par scintillation liquide β , α (discrimination α - β . méthodes « efficiency tracing », méthode CIEMAT-NIST)
- 12) spectrométrie α dans le cadre de travaux en Chimie Nucléaire



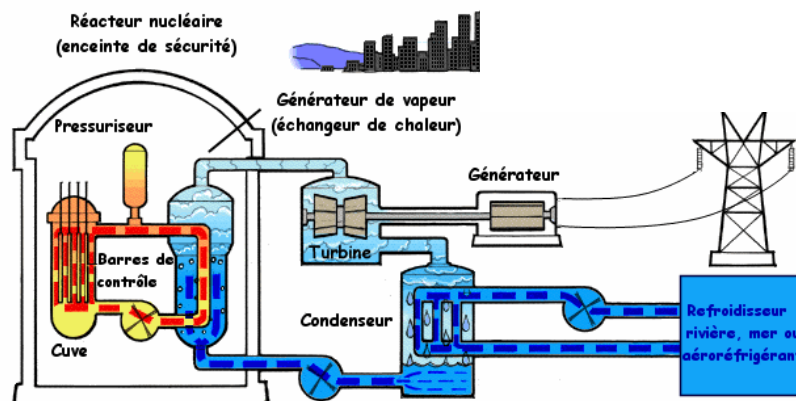
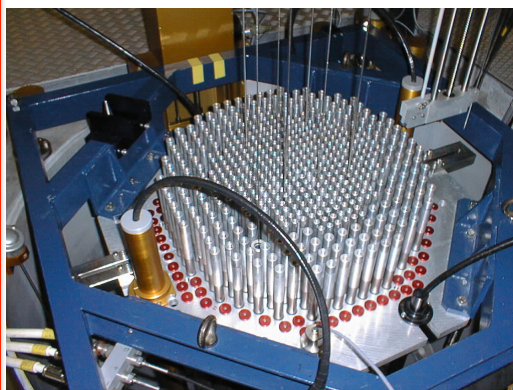
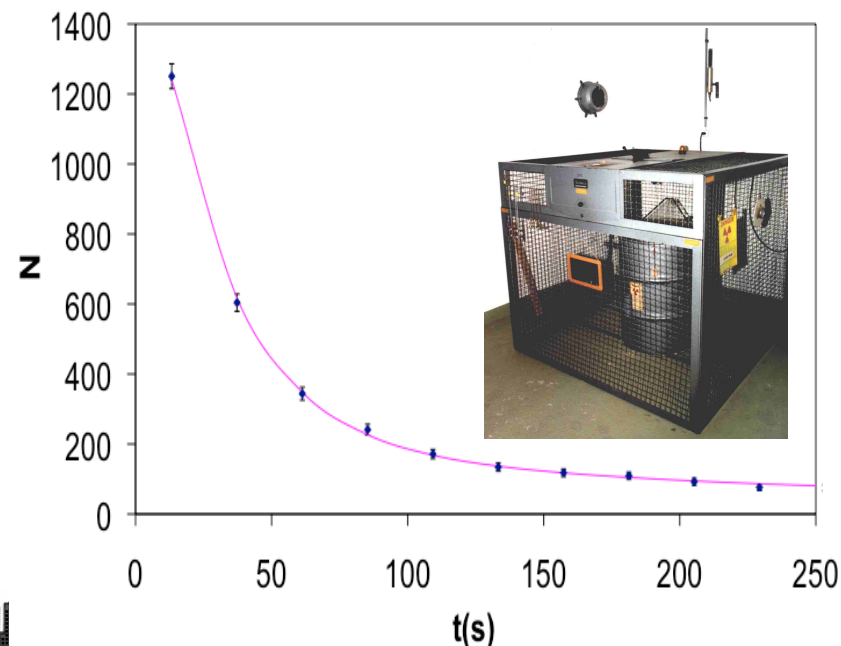
L'avenir est à créer

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire

- 12) neutronique – activation de l'argent
- 13) neutronique – recherche de métaux
- 14) neutronique – criticité du réacteur Crocus
- 15) neutronique – variation du flux radial du réacteur Crocus
- 16) neutronique – détermination de l'antiréactivité d'une barre



L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Module de Nucléaire appliquée composé d'un Cours de Physique (Cours: 112 pér., TP: 64 per.) et un cours de Chimie nucléaire (Cours 48 pér., TP: 48 pér.)

En tout pas moins de 304 périodes d'enseignement de 45' + projet et travail de Bachelor.

Chimie générale et nucléaire

- Chimie des solutions (pH, tampon, précipitation, complexation, cinétique, etc...)
- Chimie analytique (chromatographie, séparation liquide/liquide, spectrométrie de masse etc...)
- Chimie organique (les grandes réactions de la chimie organique)
- Radiochimie (cycle du combustible nucléaire, médecine nucléaire)

Travaux pratiques de chimie générale et nucléaire

- TP1 Détermination des pKa de divers acides
- TP2 Titrage complexométrique
- TP3 Etude de la cinétique d'une réaction
- TP4 Séparation sur résine échangeuse d'ions puis électrodéposition (uranium/thorium)
- TP5 Extraction par solvant (uranium/protactinium)
- TP6 Détermination de l'uranium par titrage potentiométrique
- TP7 Séparation par entraînement à la vapeur et précipitation du Plomb 212
- TP8 Séparation liquide/liquide sur colonne pulsée (purification de l'uranium, procédé PUREX)
- TP9 Séparation Sr90/y90, mesure par LSC et détermination du rendement par ICPMS

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

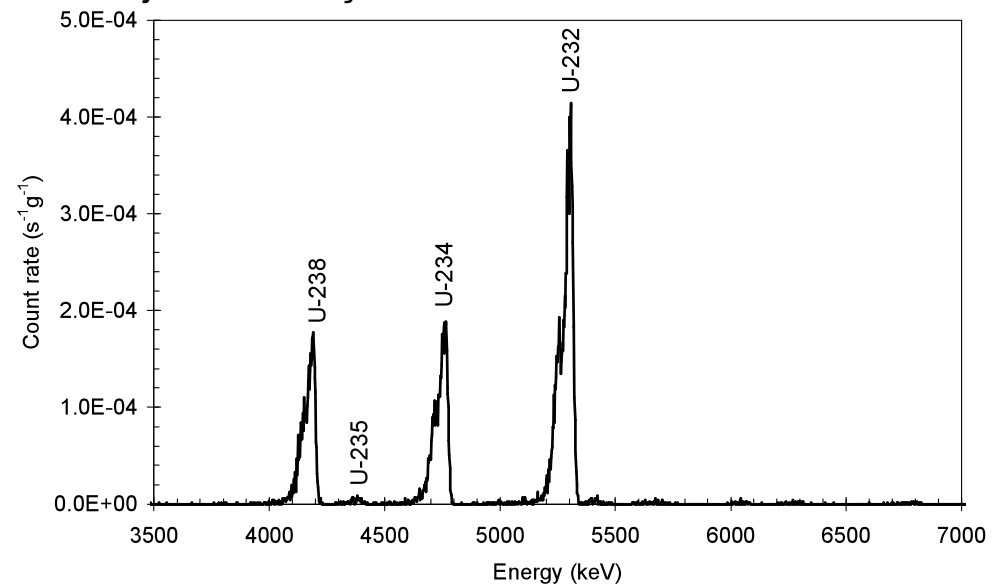
Travaux pratiques en laboratoire / Exemple le TP4

TP4: Séparation sur résine échangeuse d'ions puis électrodéposition (uranium/thorium)

Chromatographie sur résine échangeuse d'ions avec ajout d'un traceur d'U232



Electrodéposition des actinides



Spéctrométrie alpha

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

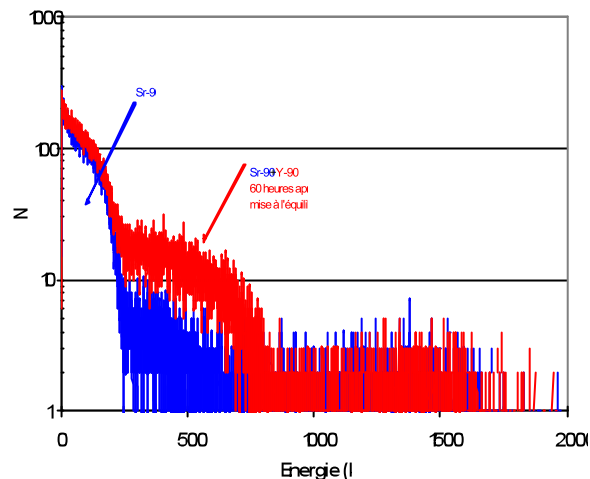
Travaux pratiques en laboratoire / Exemple le TP9

TP9: Séparation $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, mesure par scintillation liquide et détermination du rendement par ICPMS

Chromatographie sur résine échangeuse d'ions avec ajout de strontium inactif



Mesure par scintillation liquide



Mise à l'équilibre séculaire
 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$



Détermination du rendement
par ICP-MS

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Travaux pratiques en laboratoire / etc.

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

3^{ème} année de la filière **Microtechniques orientation Physique appliquée**

Visites de sites nucléaires

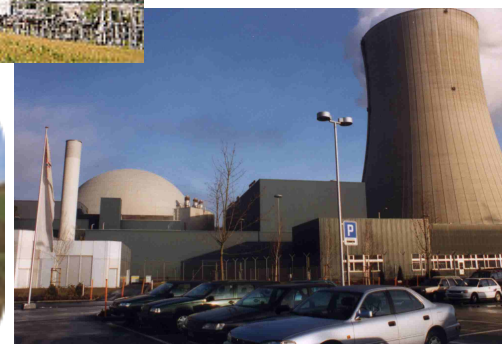
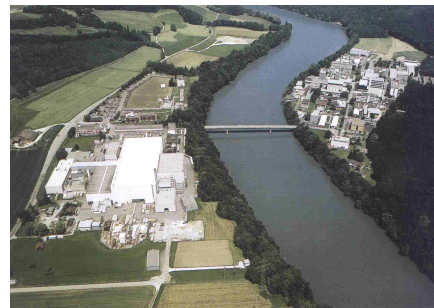
CERN

PSI

Centrale de Goesgen

Centrale de Mühleberg

La Hague

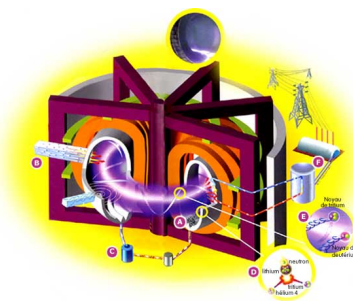


L'avenir est à créer

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

Débouchés des étudiant-s dans le domaine nucléaire

1. Radioprotection dans les sites nucléaires
CERN , PSI, Spiez (armée, labo), Grenoble
2. Centrales nucléaires en France et en Suisse
3. Universités, EPF
4. Hôpitaux
5. Instrumentations
6. Enseignement



L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

Le Radon - Filières d'architecture et génie civil

La stratégie de l'OFSP – Les objectifs du programme national radon 2014 restent la recherche et l'assainissement des habitations excédant la valeur limite de $1'000 \text{ Bq/m}^3$ et l'assurance que la valeur directrice de 400 Bq/m^3 n'est pas dépassée pour les nouvelles constructions et les transformations de bâtiments.

OMS – 2009 – OMS recommande que les pays mettent en œuvre des programmes nationaux visant à réduire les risques encourus par la population en raison de son exposition à la concentration moyenne nationale du radon, ainsi qu'en réduisant les risques pour ceux qui sont exposés à des concentrations plus élevées.

Les codes de la construction doivent être appliqués pour réduire les concentrations de radon dans les maisons en train d'être bâties. On recommande **une concentration de référence nationale de 100 Bq/m^3** . Si ce n'est pas réalisable dans les conditions particulières du pays, la concentration de référence ne doit pas dépasser 300 Bq/m^3 .

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/fr/index.html>

Facteur d'appréciation FC – Récemment des études épidémiologiques indiquent une sous évaluation du risque admis jusqu'alors d'un facteur 2 ! La CIPR l'a confirmé en publiant le nouveau facteur de conversion de l'exposition au radon: $FC = 5.5 \times 10^{-6} (\text{mSv}/(\text{Bq.h/m}^3))$

Cadastre Suisse – Plus de la moitié des bâtiments dépassent la limite des 100 Bq/m^3 et environ 15% celle des 300 Bq/m^3 .

Recommandations de l'ARRAD concernant la radioprotection dans le domaine du Radon :

- Recommandations concernant les nouvelles constructions et les assainissements ;
- Recommandations concernant la formation des professionnels ;



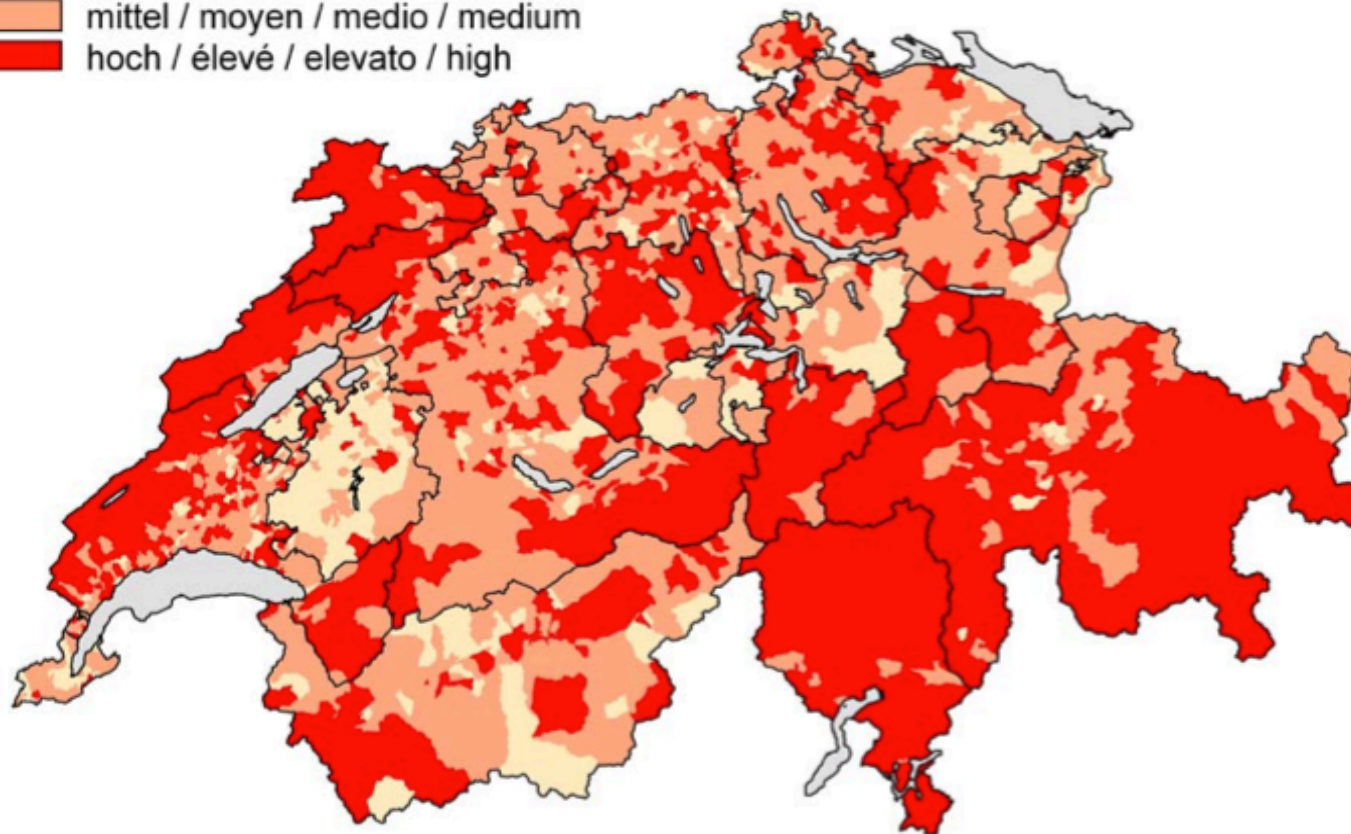
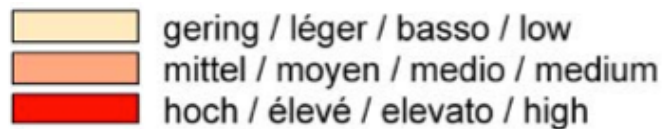
Introduction dans l'enseignement au niveau HES des filières du domaine « Construction et environnement »

L'avenir est à créer

L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

2010 (projet):

Niveau de référence: 300 Bq/m³ - Facteur risque ~ 10 mSv/an



L'enseignement du nucléaire appliqué à hepia

Le Radon - Filières d'architecture et génie civil Radon & Bâtiment (8 périodes de 45')

Basé sur « Radon: Guide technique (311.346),
journée thématique 2008 de l'ARRAD, etc.

- La radioactivité
- Risques liés à une irradiation
- Irradiation de la population
- Facteur d'appréciation FC
- Ordonnance 814.501
- Carte du risque radon en Suisse
- Recommandations de l'OFSP
- Mesures du radon
- Comment le radon entre-t-il dans les habitations
- Bâtiments neufs, mesures préventives
- Les mesures préventives
- Bâtiments existants, mesures d'assainissement
- Les mesures d'assainissement



Environ 50 étudiant-e-s par année

L'Office fédéral de la santé publique met en garde : le radon provoque le cancer du poumon.

Informations juridiques pour agents immobiliers et professionnels du bâtiment

Normes et recommandation SIA

La Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA contribue à la réduction du risque lié au radon en émettant des normes et une recommandation. Les normes SIA s'appliquent si cela a été convenu par contrat. La norme SIA 118, Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction (1977/91), contient des prescriptions particulières en matière de responsabilité et remplace les dispositions correspondantes du code des obligations s'il en a été convenu ainsi. La norme SIA 180, Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments (1999), contient des prescriptions particulières relatives à la radon dans des régions à radon. La norme SIA 112/1, Construction de bâtiments (2005) ; Amendement modèle de prestations SIA 112/1 est également devenue contractuelle et est intégrée au contrat.

MINERGIE-ECO®

Celui qui veut obtenir le certificat MINERGIE-ECO® doit prendre des mesures particulières en matière de protection contre le radon lors de la planification et de la réalisation du projet de construction.

L'avenir est à créer

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

L'enseignement du nucléaire appliqué à la heds

AP filière **Technique en radiologie médicale**

Cours de **Bases de Physique nucléaire** (48 périodes de 45')

Mise en bouche

- L'énergie, unités fondamentales et dérivées, rappel sur les transformations d'unités

Elément de physique atomique

- Les éléments chimiques, les molécules, formules chimiques, le système des masses atomique, tableau périodique des éléments

La radioactivité

- Différents types d'interactions
- Les radio-isotopes naturels, artificiels
- La radioactivité, filiation radioactive
- Limites d'exemption et d'autorisation, secteurs de travail
- Phénomènes radioactifs
- Défaut de masse
- Les différents types de désintégrations

Interactions avec la matière

- Introduction
- Interactions avec des particules lourdes chargées
- Interactions avec des particules légères chargées
- Interactions des rayons-X et γ avec la matière

[Quiz sur Dokeos](#)

Environ 35 étudiant-e-s par année

L'enseignement du nucléaire appliqué à la heds

1^{ère} année filière **Technique en radiologie médicale**

Cours de **Mesures de la radioactivité et éléments de radioprotection I** (20 périodes de 45') TP (16 période de 45')"

Rappel sur les interactions des rayonnements avec la matière

- TLE, DLI, portée et danger des rayonnements ionisants, atténuation, CDA etc...

Les lois de distributions

- Loi de Poisson et de Gauss, les incertitudes dans les mesures de la radioactivité

La dosimétrie

- Anciennes et unités actuelles, dose absorbée, équivalent de dose, $H^*(10)$, etc...

Mesure des radiations

- Les détecteurs à gaz, les détecteurs solides (NaI, HPGe), les détecteurs thermoluminescents, etc.
- Mesures de l'activité, de la contamination de surface, du débit de dose ambiant, etc

Travaux pratiques en laboratoires (TP de 4 périodes)

- TP1: Les lois de la probabilité
- TP2: Atténuation des photons dans différents matériaux
- TP3: Décroissance en $1/R^2$ d'un flux de photon, Détermination du h_{10}
- TP4: Spectrométrie Gamma à l'aide d'un NaI et d'un HPGe

Ces TP sont l'occasion pour les étudiant-e-s d'aborder la radioprotection d'une façon opérationnelle (temps d'exposition, distance, blindage, source).



Environ 25 étudiant-e-s par année

L'enseignement du nucléaire appliqué à la heds

2^{ème} année filière **Technique en radiologie médicale**

Cours de **Radioprotection II** (26 périodes de 45')

- Rappel: dose, débit de dose, unités
- Action biologique des radiations
- Effets cellulaires des radiations
- Effets des radiations sur l'organisme
- Quantification du risque en radioprotection
- Principes de radioprotection
- Irradiation de la population
- Grandeurs fondamentales
- Grandeurs d'appréciation, limites secondaires et valeurs directrices
- Ordonnance du 21 novembre 1997 sur l'utilisation des sources radioactives non scellées
- Ordonnance du 7 octobre 1999 sur la dosimétrie individuelle
- Annexe: différents types de dosimètres
- Exercices



Environ 20 étudiant-e-s par année

L'enseignement du nucléaire appliqué à la heds

2^{ème} année filière **Technique en radiologie médicale**

Cours de **Radiochimie I & II** (16 périodes de 45')



La table des nucléides

- Nomenclature de radiochimie, isotopes naturels et artificiels.

Production des radioisotopes

- Les réactions nucléaires, les cibles et leurs traitements, les cyclotrons médicaux, production des isotopes ^{18}F , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I , ^{67}Ga etc...

Les générateurs radioisotopiques

- Les générateurs $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$, $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$, fréquence d'élution, etc...
- Extraction liquide/liquide, chromatographie sur colonne

Les radiopharmaceutiques

- Marqueurs et molécules vectrices, synthèse des radiopharmaceutiques, les trousse de reconstitution, contrôle qualité et bonnes pratiques de fabrication des radiopharmaceutiques.

Localisation des radiopharmaceutiques

- Radiopharmaceutiques inorganiques et organiques,
- Choix des radiopharmaceutiques selon les critères chimiques, physiques, physiopathologiques et pharmacologiques
- Différentes applications