

François Bochud, IRA / UNIL-CHUV

# Radioprotection à l'université



La radioprotection n'est pas  
un sujet de recherche  
académique

La radioprotection n'est pas  
une science et nous sommes  
d'abord des professionnels

Entendu à la dernière conférence IRPA  
Europe à Helsinki (juin 2010)



Pas de chaire de  
radioprotection

Pas d'enseignement  
spécifique  
universitaire de la  
radioprotection

Pas de MSc ni  
de MAS en  
radioprotection



situation suisse



# Qu'est-ce que la radioprotection ?

Est-ce une discipline scientifique ?

A-t-elle sa place à l'université ?

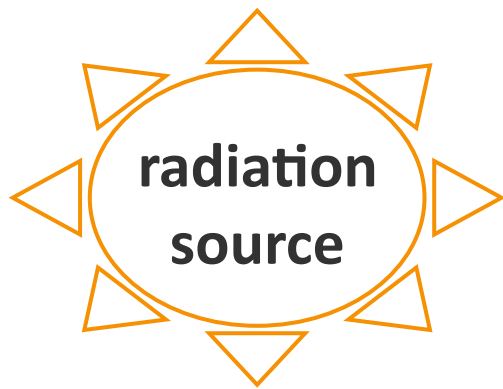
Qu'est-ce qui existe déjà ?

Que font nos voisins ?

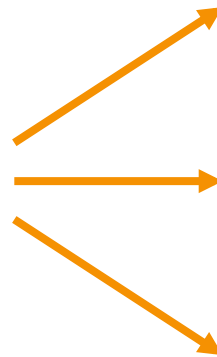




# La RP : c'est de la vraie physique !



- $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , x-rays, neutrons, ...
- activity, ...



- transport
- kerma, cema



- $S$ ,  $\mu$ ,  $\mu_{tr}$ ,  $\mu_{en}$
- $D_w$ ,  $H_T$ ,  $E$

# La RP : c'est de la vraie physique !

- Question ?
  - vous recevez une dose absorbée au corps entier de **5 mGy**
  - parmi les noyaux de toutes vos cellules, quelle proportion est traversée par **une trace d'électron** ?
- Microdosimétrie
  - *en moyenne*, **chaque noyau** est traversé par **une trace d'électron** [BEIR VII]

# La RP : c'est de la vraie physique !

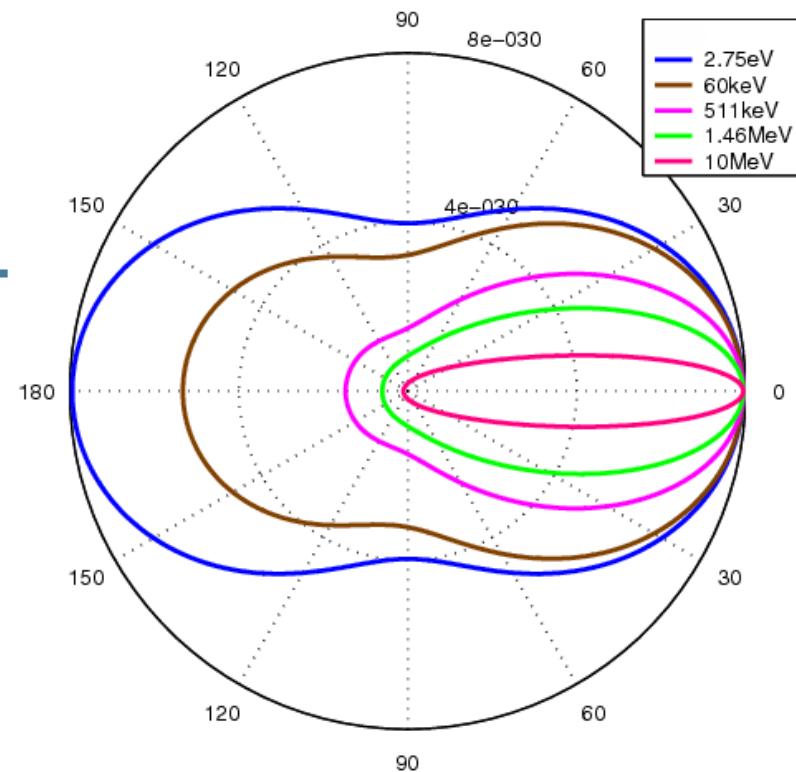
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2}\alpha^2 r_c^2 P(E_\gamma, \theta)^2 (P(E_\gamma, \theta) + P(E_\gamma, \theta)^{-1} - 1 + \cos^2(\theta))$$

$$P(E_\gamma, \theta) = \frac{1}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)}$$

$$r_c = \hbar/m_e c$$

## Relation de Klein-Nishina

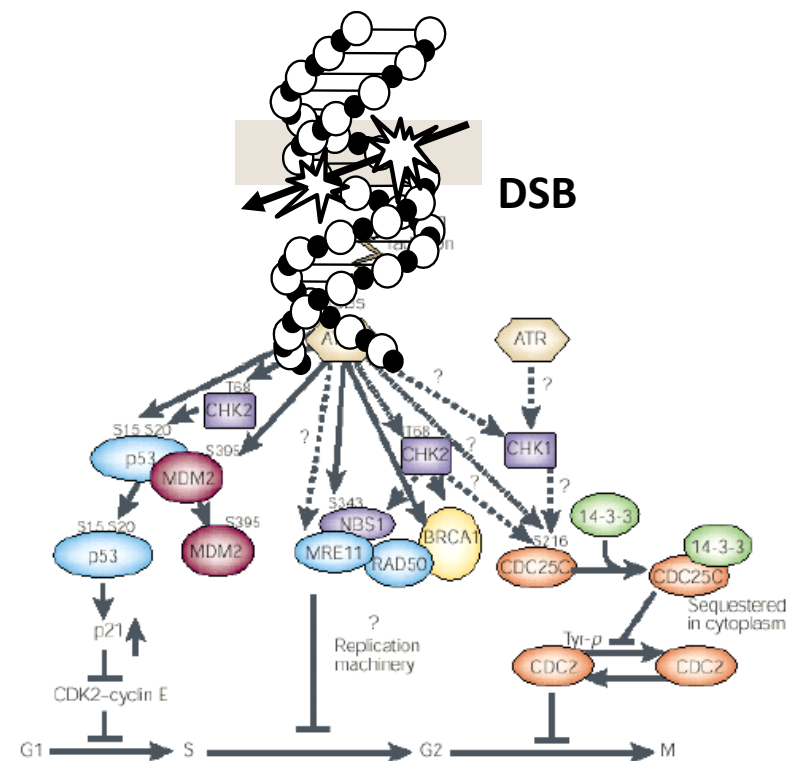
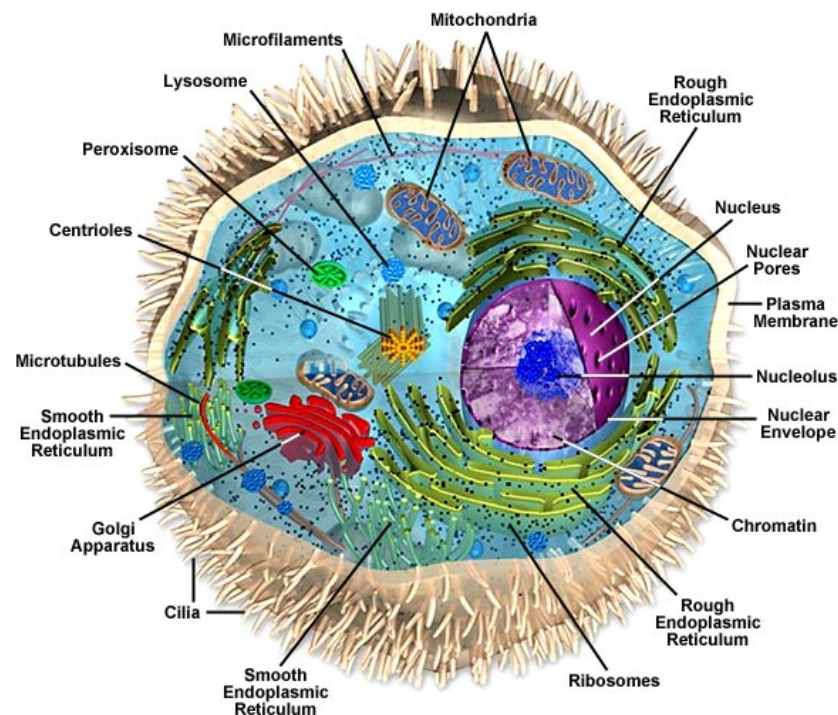
# Peut-on réduire la radioprotection à l'équation de KN et à la microdosimétrie ?



## Distribution des photons diffusés



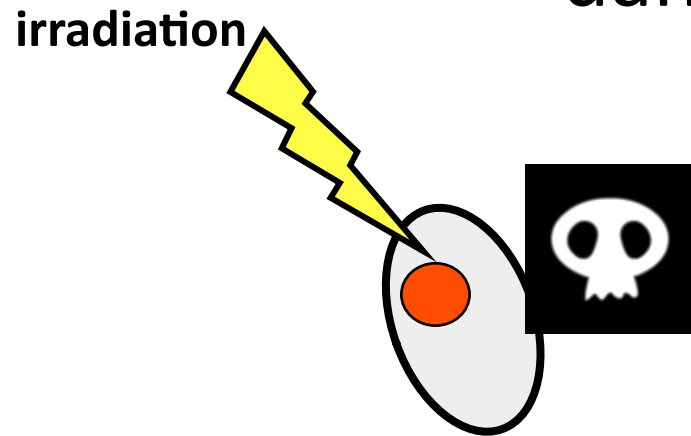
# La RP : c'est de la biologie moléculaire!



# La RP : c'est de la biologie moléculaire!

- Question ?
  - Quels **dégâts** sont produits à l'**ADN** lors du passage d'une trace d'électron dans le noyau ?
- Réponse : en moyenne, selon [BEIR VII]
  - **5-10 bases** sont endommagées
  - **2.5-5** brisures **simple brin**
  - **0.25** brisures **double brin**

# La RP s'intéresse à ce qui se passe dans une cellule

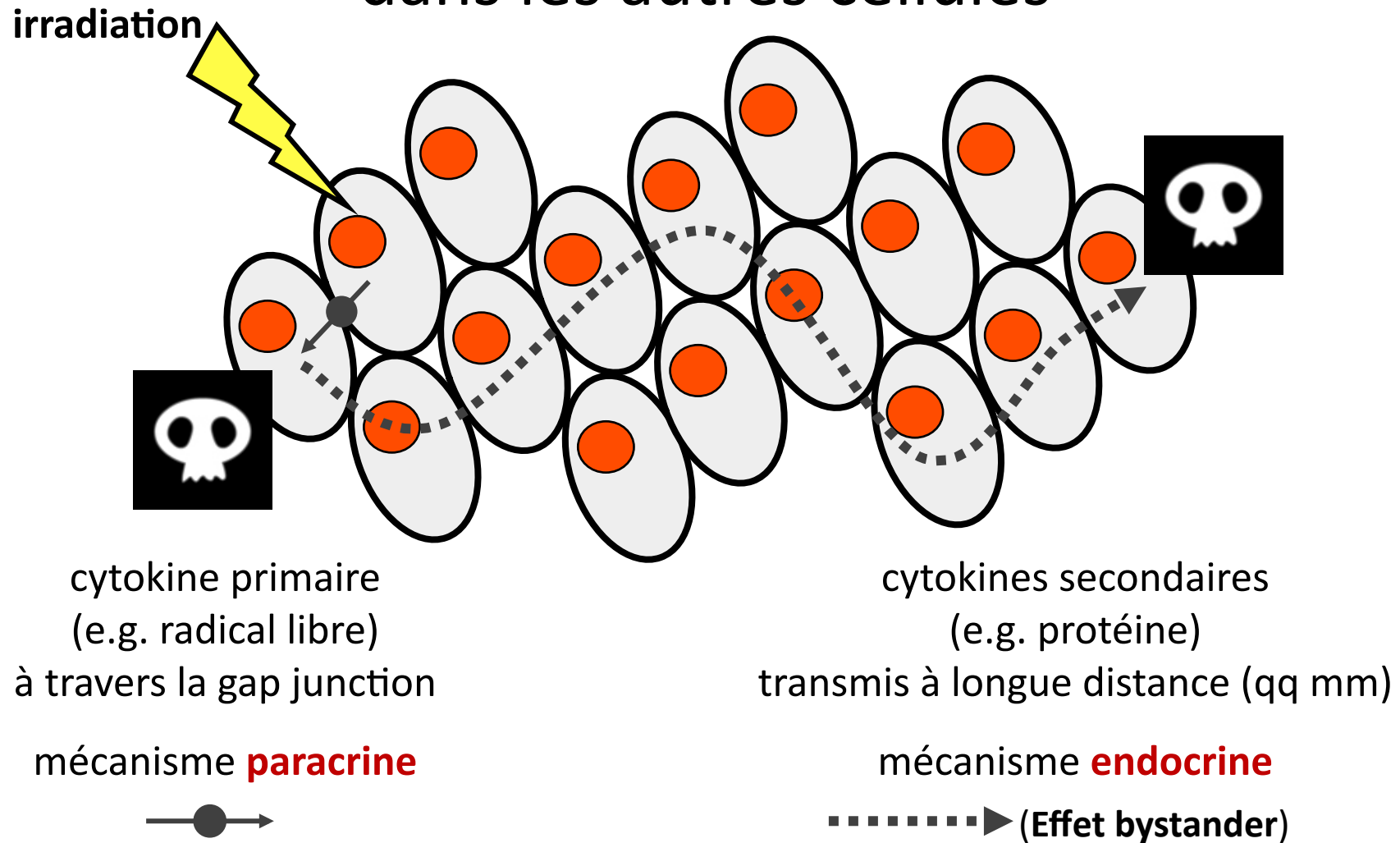


mécanisme **autocrine**  
(à l'intérieur de la cellule  
recevant l'irradiation)

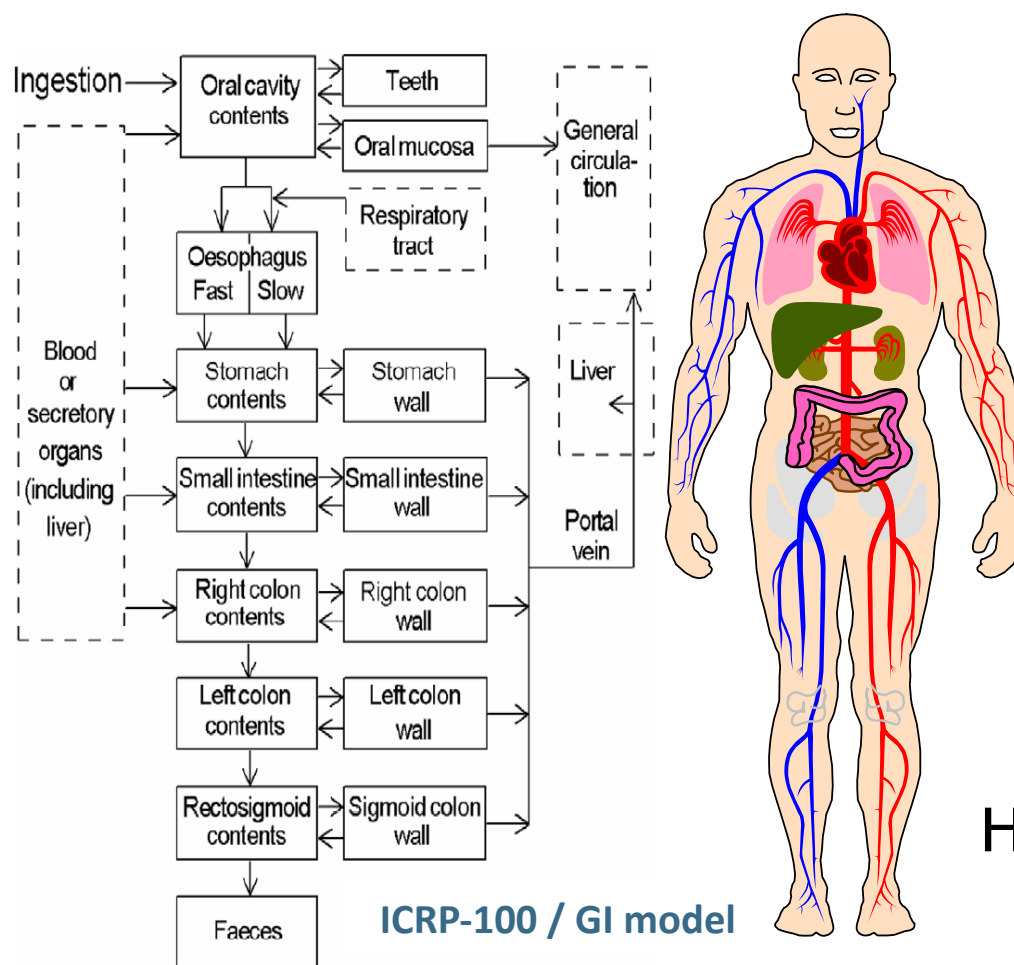
**... mais l'effet peut  
apparaître sur des cellules  
non directement touchées  
par l'irradiation**



# La RP s'intéresse à ce qui se passe dans les autres cellules



# La RP : c'est de la physiologie ... et des maths



ICRP-100 / GI model

matrice de transfert

$$\mathbf{U} = \int_0^{\tau} \lambda_{\text{nucl}} \mathbf{c}_0 e^{\mathbf{A}t} dt$$

activité dans chaque  
compartiment

specific effective  
energy

$$H_T(\tau) = \sum_S U_S(\tau) \text{SEE}(S \rightarrow T)$$

# La RP "basse dose" ne concerne que les **cancers** et les **effets héréditaires**

- Question ?
  - Quels **autres effets** observe-t-on pour des doses au corps entier entre 0.5 Gy et 1 Gy ?
- Réponse
  - Des dommages **cardio-vasculaires**



# Dommmages cardio-vasculaires

BMJ

RESEARCH

Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003

**Conclusion** Doses above 0.5 Gy are associated with an elevated risk of both stroke and heart disease, but the degree of risk at lower doses is unclear. Stroke and heart disease together account for about one third as many radiation associated excess deaths as do cancers among atomic bomb survivors.

*H&N : 625 ca / 210 cv*

# La RP : c'est des statistiques

**L'épidémiologie** a pour but d'inférer une relation entre une exposition et un état de santé à l'aide d'outils statistiques

cas-témoin



select. cas  
& déterminer l'expo

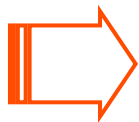


témoins (ctl) aléatoires  
& déterminer l'expo

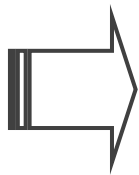
.....	Cases	Controls
Exposed	A	B
Unexposed	C	D

odd ratio:  $OR = \frac{A/C}{B/D} > 1?$

étude de cohorte



sélectionner l'expo  
& déterminer les cas



select. les non-expo  
& déterminer les cas

.....	Case	Non case	Total
Exposed	A	B	(A+B)
Unexposed	C	D	(C+D)

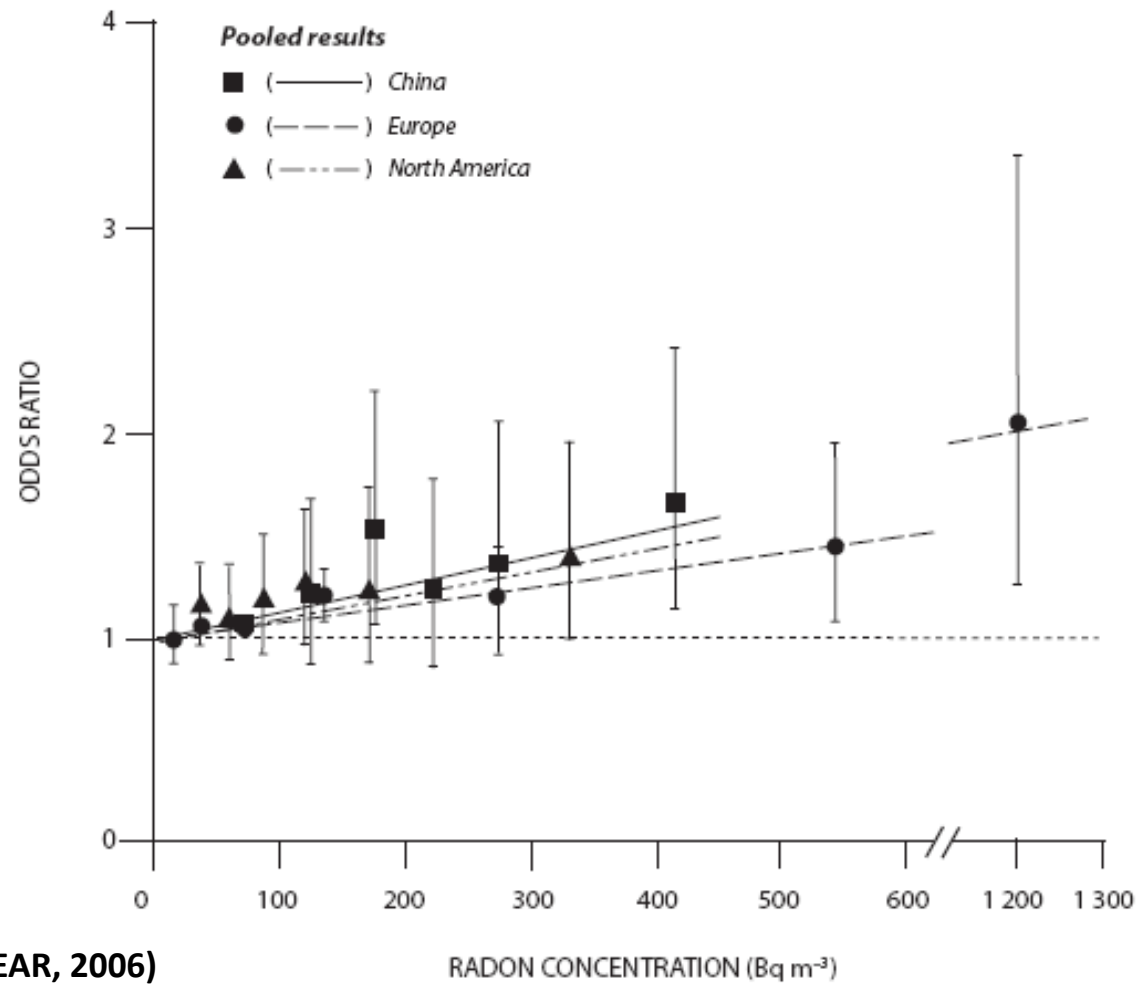
risque rel :  $RR = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}} > 1?$

# La RP : c'est des statistiques

- Question ?
  - quel type d'étude a démontré que le radon domestique induit des cancers ?
- Réponse
  - une étude cas-témoin  
(case-control study)

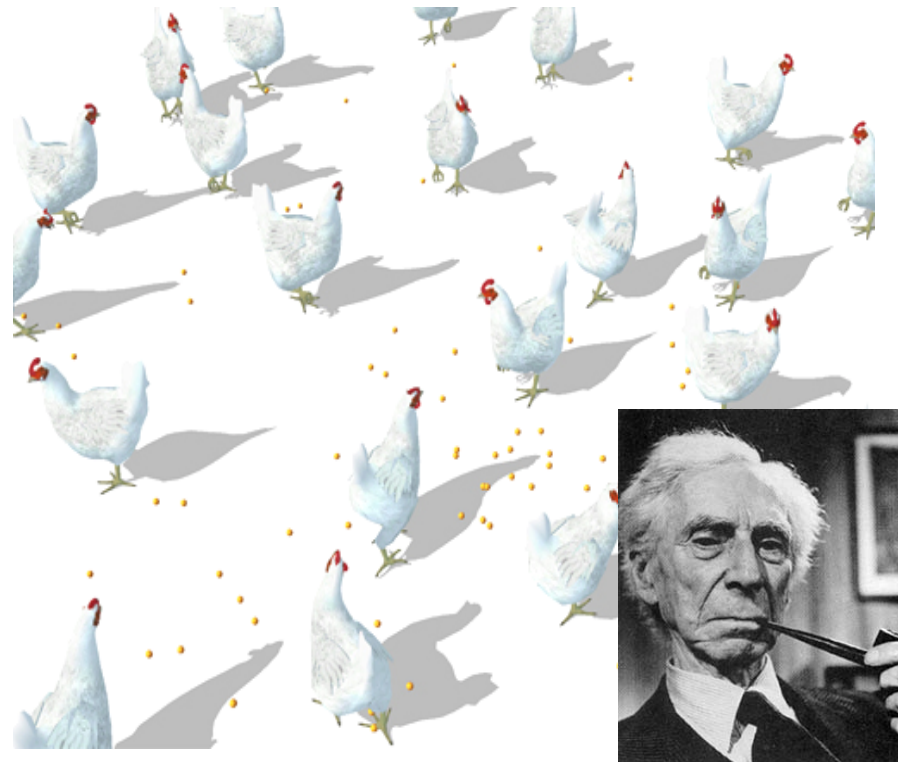
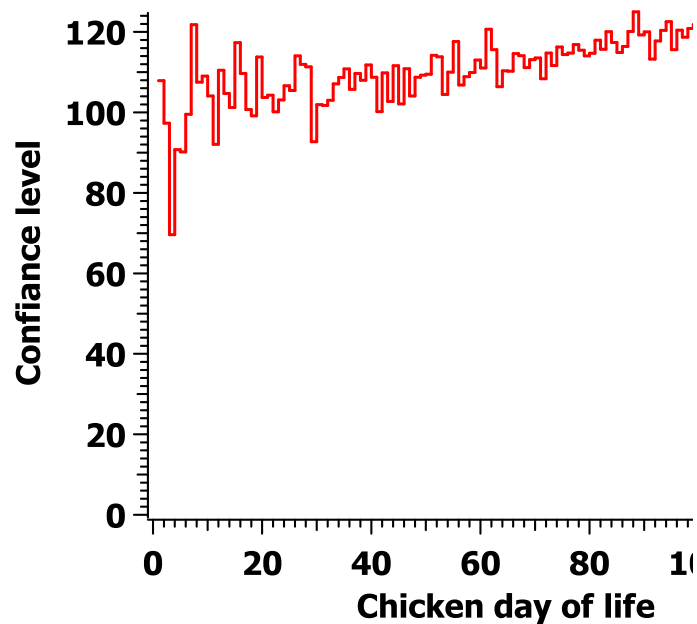


# La RP : c'est des statistiques



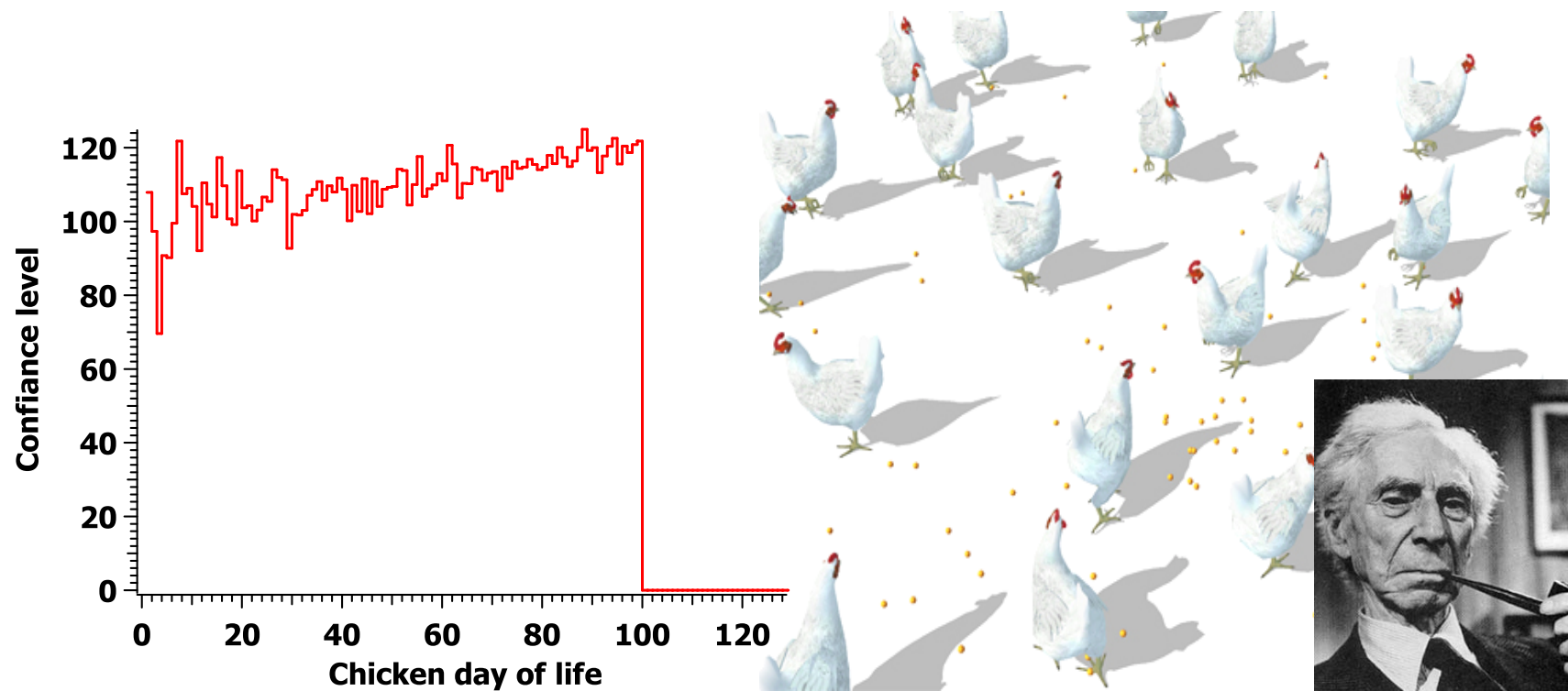
# La RP : c'est de la philosophie!

Quelle connaissance peut-on tirer d'un raisonnement **inductif** ?  
Sommes-nous les poulets de Bertrand Russell ?



# La RP : c'est de la philosophie!

L'analyse de risque est un outil puissant et utile  
Mais **attention à l'induction** !



# La RP : c'est d'abord une question d'éthique

principe de bienfaisance

## Justification

fait plus de bien que de mal

principe d'autonomie

**JOLi**

## Limitation de dose

Aucun individu ne doit être maltraité par l'excès

principe de justice

## Optimisation

Maximise le bien  
par réduction du mal

principe de bienfaisance

# La RP : c'est de la comm !

Répondre aux questions des non-spécialistes  
requiert un langage adéquat  
(le public a droit à la vérité; les gens ne sont pas cons)

Ma mère s'est fait poser un  
stent iliaque sous radioscopie.  
Est-elle radioactive ?

Je peux déclencher les portiques  
détecteurs de sources radioactives  
des aéroports après un examen de  
médecine nucléaire ?

Personne ne sait quel risque  
j'encoure lorsque je reçois une  
radiographie !



# La RP : c'est aussi...

- du droit
- de la psychologie
- de la technologie
- ...

**clairement un domaine  
multidisciplinaire**



# Qu'est-ce qui existe en Suisse ? (au niveau universitaire)

- Physiciens
  - hautes énergies **rien**
  - nucléaires (ingénieurs) **ça vient**
  - médicaux **ça vient**
- Chimistes et biologistes
  - Radiopharmacie **pas si mal**
  - Environnement **ça vient**
  - Laboratoires **pas si mal**
- Médecins **ça vient**
- Construction **ça viendra**

# Physiciens des hautes énergies



Beaucoup croient  
qu'ils savent

... jusqu'au jour où ils savent ce  
qu'ils ne savent pas  
(la RP n'est pas que de la physique?)

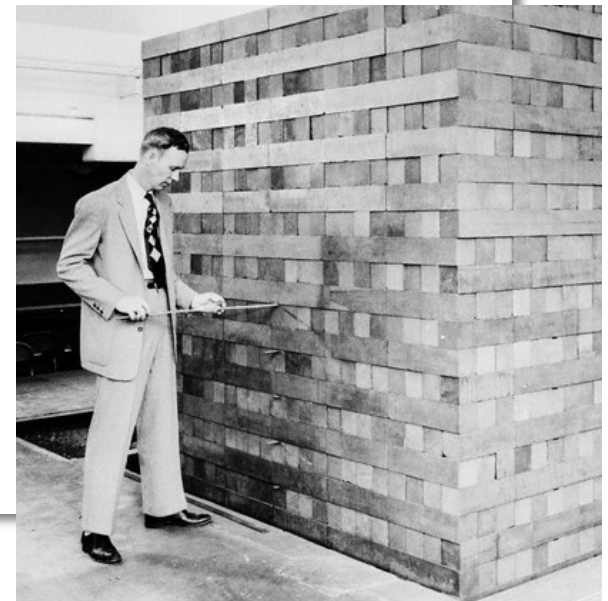
# Physiciens des hautes énergies





# Ingénieurs nucléaires

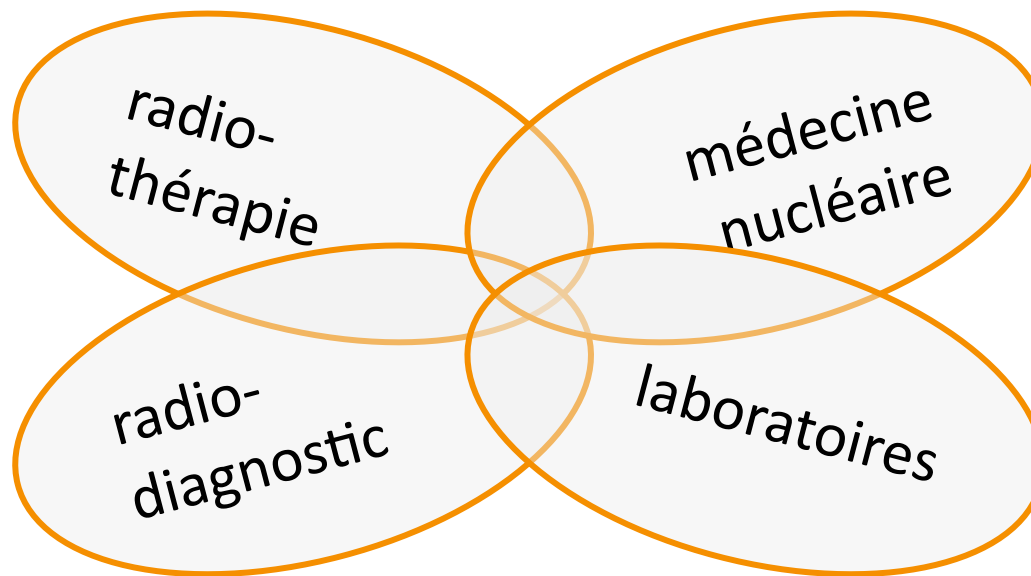
- MSc commun ETHZ & EPFL
  - [www.master-nuclear.ch](http://www.master-nuclear.ch)
  - passage de 90 à 120 ECTS depuis sept 2010
  - Jusqu'à 2009
    - 3 h de radioprotection générale obligatoire
    - 42 h de cours à option possible
  - Depuis 2010
    - 42 heures de radiobiologie et radioprotection (= 4 ECTS)
    - en anglais, durant le 3<sup>ème</sup> semestre (collabo PSI / ENSI)



# Physicien médical



- ORaP Art 74 + ordonnance sur les LINAC
  - LINAC de radiothérapie
    - Obligation d'un physicien médical SSRPM par machine
  - Radiologie interventionnelle, diag à dose intensive et médecine nucléaire
    - Faire appel *périodiquement* à un physicien médical SSRPM



# Physicien médical

## Ordonnance sur les formations

**Activités que sont autorisées à exercer les personnes possédant les qualifications techniques en radioprotection**

Professions	11.2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Recommandations concernant le nombre total d'heures de cours, sans compter la formation pratique	30	80	8	24	24	40	16	8	16	40	120	80	8
<b>Bases légales</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Loi et ordonnance sur la radioprotection	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ordonnances techniques spécifiques		x		x		x	x		x	x	x		
Prescriptions de transport (SDR/ADR)	x	x		x	x	x			x		x		
Procédure d'autorisation	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Directives, règlements, recommandations, normes et mémentos	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	
Recommandations internationales (CIPR, AIEA)		x			x						x		
<b>Tâches et responsabilités de l'expert</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
Statut légal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

**120 heures de formation**



# Physicien médical

- Reconnus officiellement par OFSP
  - PSI
    - 80 h basées sur le cours expert labo B/C
  - IRA
    - 80 h de cours expert B/C
    - + 40 h spécifiques pour les physiciens médicaux
      - Jamais eu lieu
- Effectivement suivi par les physiciens médicaux
  - Alémaniques
    - MAS ETHZ
  - Francophones
    - Cours expert B/C
    - Ecole doctorale UNIL

Discussions en cours pour un **MSc in medical physics**  
A l'**ETHZ** but en anglais pour la CH et l'EU  
RP devrait avoir une bonne place

# Physicien médical

## Modèle OFSP

Domaines de formation	Volume (heures)		
	Cours	Pratique	Total
Bases physiques de la RP	12	-	12
Bases biologiques de la RP	16	-	16
Fondements généraux de la RP	12	12	24
Législation en RP et exposition de la population	12	-	12
RP en radio-oncologie	10	6	16
RP en médecine nucléaire	10	6	16
RP en radiodiagnostic	10	6	16
RP dans l'hôpital	4	4	8
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>34</b>	<b>120</b>

# Physicien médical

## Comparaison : MAS-ETHZ vs modèle OFSP

Thème	Cours Mini	Cours Burkard	Cours Bösiger	Cours PSI	Cours Isle	Cours IRA
Bases physiques de la RP	<b>X</b>					
Bases biologique de la RP		<b>X</b>				
Fondements généraux de la RP				<b>X</b>		
Législation en RP et exposition				<b>X</b>		
RP en radio-oncologie	<b>(X)</b>				<b>(X)</b>	
RP en médecine nucléaire	<b>(X)</b>		<b>(X)</b>			<b>(X)</b>
RP en radiodiagnostic	<b>(X)</b>		<b>(X)</b>			<b>(X)</b>
RP dans l'hôpital						

# Physicien médical

## Comparaison : UNIL-IRA vs modèle OFSP

Thème	Cours B/C	FBM 1	FBM 2	FBM 3	FBM 4	FBM 5	FBM 6
Bases physiques de la RP	X	(X)					
Bases biologique de la RP	X						
Fondements généraux de la RP	X						
Législation en RP et exposition	X						(X)
RP en radio-oncologie			(X)			(X)	
RP en médecine nucléaire			(X)	(X)	(X)	(X)	
RP en radiodiagnostic			(X)	(X)		(X)	
RP dans l'hôpital							

# Physicien médical

nous voulons un cours  
reconnus par l'OFSP

*on ne veut pas être  
testé deux fois sur le  
même sujet*

nous testons déjà la  
RP dans notre examen

**SSRPM**

nous sommes disposé à reconnaître un cours  
de RP mais...

... il doit suivre notre modèle

L'expertise B/C n'est pas suffisante

ETHZ MAS & UNIL-IRA

une grande partie du modèle est couverte  
manques en RP générale à l'hôpital

**OFSP**

# Physicien médical : solution en vue

## Contenu

- cours expert B/C
- 3 x 2 jours de compléments médicaux

**SSRPM** gère  
directement la  
formation en RP

- contenus approuvé par l'OFSP (respect du modèle)
  - collaboration avec les écoles
  - inclusion d'une partie pratique
- compétences strictement testées
- OFSP membre du jury d'examen

# Radiopharmaciens

- ORaP Art 31a
  - Préparation & synthèses selon les guidelines EANM
    - EANM: European Association of Nuclear Medicine
- EANM certifie la formation en radiopharmacie
  - 2 ans de pratique
    - + cours national en "radiation hygiene"
  - Cours organisés au niveau européen
    - Beaucoup de points touchent à la RP
      - Physique de la RP
      - Utilisation sûre des radiations
      - Instrumentation de RP





# Médecins

- **Ceux qui utilisent les radiations**
  - Rayons X, radiopharmaceutiques
  - Cours organisé au **niveau postgrade**



- **Ceux qui n'utilisent pas les radiations?**
  - Ils prescrivent des examens
  - Thorax & extrémités sont autorisés
  - Ils répondent aux questions des patients
  - Dans la **formation de base ?**

## Titres postgrades

Radiologie

Médecine nucléaire

Radio-oncologie

Anesthésiologie

Angiologie

Cardiologie

Chiropraticiens

Chirurgie

Chirurgie orthopédique

Chirurgie pédiatrique

Dermatologie

Endocrinologie

Gastroentérologie

Gynécologie

Médecine générale

Médecine interne

Médecine physique et réadaptation

Neurochirurgie

Neurologie

Oncologie médicale

Oto-rhino-laryngologie

Pédiatrie

Pneumologie

Rhumatologie

Urologie

**25 spécialités FMH sont  
touchées directement par  
l'utilisation des radiations  
ionisantes**

Titres postgrades	Compétences Qualifications techniques (QT) acquises avec :
Radiologie	TP
Médecine nucléaire	TP
Radio-oncologie	TP
Anesthésiologie	TP + SSIPM
Angiologie	TP + USSMV
Cardiologie	TP + SSC
Chiropraticiens	TP
Chirurgie	TP
Chirurgie orthopédique	TP
Chirurgie pédiatrique	TP
Dermatologie	TP + SSDV
Endocrinologie	TP
Gastroentérologie	TP
Gynécologie	TP
Médecine générale	TP + CMPR
Médecine interne	TP + CMPR
Médecine physique et réadaptation	TP
Neurochirurgie	TP
Neurologie	TP + CMPR
Oncologie médicale	TP + CMPR
Oto-rhino-laryngologie	TP
Pédiatrie	TP + CMPR
Pneumologie	TP
Rhumatologie	TP
Urologie	TP

## Qualification technique (QT) avec le titre postgrade (TP)

+ un cours de formation  
spécifique de RP  
pour certains

Titres postgrades	Compétences	
	Qualifications techniques (QT) acquises avec :	Qualité d'expert (QE) acquise avec :
Radiologie	TP	TP
Médecine nucléaire	TP	TP (NUC)
Radio-oncologie	TP	TP

## Qualité d'expert (QE)

← ← ← Titre postgrade  
suffisant

Avec des travaux pratiques  
spécifiques pour les nucléaristes

Aucun travaux pratiques pour  
les radiologues et les radio-  
oncologues

Titres postgrades	Compétences	
	Qualifications techniques (QT) acquises avec :	Qualité d'expert (QE) acquise avec :
Radiologie	TP	TP
Médecine nucléaire	TP	TP (NUC)
Radio-oncologie	TP	TP
Anesthésiologie	TP + SSIPM	SSIPM (B)
Angiologie	TP + USSMV	B
Cardiologie	TP + SSC	B
Chiropraticiens	TP	TP (CHI)
Chirurgie	TP	TP (B)
Chirurgie orthopédique	TP	TP (B)
Chirurgie pédiatrique	TP	B
Dermatologie	TP + SSDV	TP + SSDV
Endocrinologie	TP	TP Spiez
Gastroentérologie	TP	TP (B)
Gynécologie	TP	TP Spiez
Médecine générale	TP + CMPR	CMPR (A)
Médecine interne	TP + CMPR	CMPR (A)
Médecine physique et réadaptation	TP	TP (B)
Neurochirurgie	TP	TP (B)
Neurologie	TP + CMPR	CMPR (A)
Oncologie médicale	TP + CMPR	CMPR (A)
Oto-rhino-laryngologie	TP	A
Pédiatrie	TP + CMPR	CMPR (A)
Pneumologie	TP	B
Rhumatologie	TP	TP (B) Spiez
Urologie	TP	TP (B)

## Qualité d'expert (QE)

Ils doivent  
obligatoirement  
suivre un cours de  
RP pour l'obtention  
du titre postgrade

graphie (A)  
ou en  
scopie (B)

Titres postgrades	Compétences	
	Qualifications techniques (QT) acquises avec :	Qualité d'expert (QE) acquise avec :
Radiologie	TP	TP
Médecine nucléaire	TP	TP (NUC)
Radio-oncologie	TP	TP
Anesthésiologie	TP +SSIPM	SSIPM (B)
Angiologie	TP + USSMV	B
Cardiologie	TP + SSC	B
Chiropraticiens	TP	TP (CHI)
Chirurgie	TP	TP (B)
Chirurgie orthopédique	TP	TP (B)
Chirurgie pédiatrique	TP	B
Dermatologie	TP + SSDV	TP + SSDV
Endocrinologie	TP	TP Spiez
Gastroentérologie	TP	TP (B)
Gynécologie	TP	TP Spiez
Médecine générale	TP + CMPR	CMPR (A)
Médecine interne	TP + CMPR	CMPR (A)
Médecine physique et réadaptation	TP	TP (B)
Neurochirurgie	TP	TP (B)
Neurologie	TP + CMPR	CMPR (A)
Oncologie médicale	TP + CMPR	CMPR (A)
Oto-rhino-laryngologie	TP	A
Pédiatrie	TP + CMPR	CMPR (A)
Pneumologie	TP	B
Rhumatologie	TP	TP (B) Spiez
Urologie	TP	TP (B)

## Qualité d'expert (QE)

Ils doivent suivre un cours spécifique de RP s'ils veulent faire des examens à dose intensives

graphie (A)  
ou en  
scopie (B)

Titres postgrades	Compétences		Activités autorisées								
	Qualifications techniques (QT) acquises avec :	Qualité d'expert (QE) acquise avec :	Radiographie (à fortes doses)	Radioscopie	Radiologie interventionnelle	Mammographie	Tomodensitométrie CT	TEP/SPECT - CT	Installations thérapeutiques	Sources scellées	Sources non scellées (diagn. & therap.)
Radiologie	TP	TP	x	x	x	x	x	x <sup>1</sup>			
Médecine nucléaire	TP	TP (NUC)	x					x <sup>1</sup>			x
Radio-oncologie	TP	TP	x						x	x	
Anesthésiologie	TP + SSIPM	SSIPM (B)	x	x	x						
Angiologie	TP + USSMV	B	x	x	x						
Cardiologie	TP + SSC	B	x	x	x						
Chiropraticiens	TP	TP (CHI)	x	x							
Chirurgie	TP	TP (B)	x	x	x						
Chirurgie orthopédique	TP	TP (B)	x	x	x						
Chirurgie pédiatrique	TP	B	x	x	x						
Dermatologie	TP + SSDV	TP + SSDV	x						x <sup>2</sup>		
Endocrinologie	TP	TP Spiez									x <sup>3</sup>
Gastroentérologie	TP	TP (B)	x	x	x						
Gynécologie	TP	TP Spiez									x <sup>3</sup>
Médecine générale	TP + CMPR	CMPR (A)	x								
Médecine interne	TP + CMPR	CMPR (A)	x								
Médecine physique et réadaptation	TP	TP (B)	x	x	x						
Neurochirurgie	TP	TP (B)	x	x	x						
Neurologie	TP + CMPR	CMPR (A)	x								
Oncologie médicale	TP + CMPR	CMPR (A)	x								
Oto-rhino-laryngologie	TP	A	x								
Pédiatrie	TP + CMPR	CMPR (A)	x								
Pneumologie	TP	B	x	x	x						
Rhumatologie	TP	TP (B)	x	x	x						
		Spiez									x <sup>3</sup>
Urologie	TP	TP (B)	x	x	x						



# Médecins (niveau prégradué)

## Swiss Catalogue of Learning Objectives for Undergraduate Medical Training

Under a mandate of the Joint Commission of the Swiss Medical Schools

2<sup>ème</sup> édition, 2008

*environ **1700 objectifs** d'apprentissage qui seront utilisés comme base pour la préparation du nouvel examen fédéral en été 2011*

# Médecins (niveau prégradué)

The following chapters constitute the core of this Catalogue of Learning Objectives:

- Chapter 3: **General** Objectives
- Chapter 4: Problems as Starting Points for Training
- Chapter 5: General Skills
- Chapter 6: **Discipline-**Related Objectives

It is important to bear in mind that only the chapter “General Objectives” covers the whole scope of undergraduate medical training; thus this chapter is the backbone and most important part of The Catalogue, while Chapters 4 – 6 are on a lower hierarchical level, focusing on specific but important parts of the competencies expected from a physician at the end of her/his undergraduate training.

**Radiology and Nuclear Medicine:** The Working Group felt that the learning objectives covering general aspects of radiology, such as principles of imaging techniques, **radio-protection**, radiotherapy, should remain in The Catalogue, but that specific radiological pictures could be deleted, because they were part of the “Clinical Pictures”, analogous to data from clinical chemistry, pathology and microbiology.

# Médecins (niveau prégradué)

#			Learning objective
C	RN	11	techniques in radio-oncology
C	RN	12	treatment planning in radio-oncology
C	RN	21	technical parameters of conventional radiography: scatter, contrast, viewing window, use of grids, X-ray detection
C	RN	22	conventional radiographic examinations using contrast agents
C	RN	23	technical parameters of Computed Tomography (CT): detector, image generation, enhancement, Hounsfield units
C	RN	26	technical parameters of Ultrasonography (US): image formation, Doppler effect, probe
C	RN	27	advantages and drawbacks of US versus other imaging modalities
C	RN	28	technical parameters of Magnetic Resonance Imaging (MRI): magnetism, radiofrequency, relaxation time, signal characteristics of tissues
C	RN	29	indications and contraindications, safety considerations of MRI

# Médecins (niveau prégradué)

#			Learning objective
C	SU	15	radiation ulcer
C	PE	225	adverse effects of ionizing radiation on fetus
C	RN	1	components of environmental radiation
C	RN	2	basic physics of the X-ray process
C	RN	3	production of radiation: generator, tube
C	RN	4	types of radiation
C	RN	5	radiation attenuation law
C	RN	6	principles of X-ray detection
C	RN	7	radio-isotopes and radio-tracers
C	RN	8	physical / biological half-life in nuclear medicine
C	RN	13	calculation of effective and organ dose in radiation
C	RN	14	explaining risks of radiological imaging to patients
C	RN	15	exposure situations and associated radiation risks for population, individual person, health professional, patient
C	RN	16	legal regulations on imaging data
C	RN	17	radiation protection law
C	RN	18	practical X-ray protection
C	RN	19	administration of radioactive isotopes: radiation protection of patient and environment
C	RN	20	personal protection and monitoring: dose limits, typical dose to staff, associated risks, precautions
C	RN	30	interventional radiology: classification, indications and risks
C	PH	44	Physical and chemical hazards [...] (radon, non-ionizing and ultraviolet radiation; ionizing radiation and quality of drinking water in Switzerland).

# Médecins (niveau prégradué)

Domaine	Secteur	Volume du modèle (h)
A	Bases physiques	2
B	Bases biologiques	2
C	Fondements généraux	2
D	Législation	2
E	Application en médecine	4
Total A-E		12
	Formation pratique thorax et extrémités	8

# Médecins (niveau prégradué)

Domaine	Secteur	Volume du modèle (h)	Bâle (1)	Berne (2)	Genève (3)	Lausanne (4)	Zürich (5)
A	Bases physiques	2	3	*)	**)	3	**)
B	Bases biologiques	2	2			3	
C	Fondements généraux	2	2			1	
D	Législation	2	0			2	
E	Application en médecine	4	4			3	
Total A-E		12	11	~ 7	Pas de chiffres disponibles	12	Pas de chiffres disponibles
	Formation pratique thorax et extrémités	8	-	-	-	-	-

## Seulement à UNIGe ?

A stylized illustration of a power plant. It features a large blue building with a yellow chimney on the left, a central structure with a yellow bridge-like walkway, and three large grey cooling towers on the right. A tall, thin grey smokestack is positioned between the central building and the cooling towers. The entire scene is set against a plain white background.





# Architectes et radon

- EPFL
  - cours postgrades
  - Devrait être intégré dans le MSc

- HES



# Démantèlement des centrales





# Dépôt à long terme



# Démantèlement & dépôt à long terme

- Démantèlement
  - Beaucoup plus critique que pour la construction
    - présence de matériaux activés
      - nucléides & activités incertains
    - implication des professionnels de la construction
- Dépôt à long terme
  - Besoin de suivi continu sur des dizaines d'années
  - Recherche d'accompagnement indispensable

**pas de formation  
universitaire pour les  
professionnels de la  
construction**

**pas de réelles  
compétences ni de  
recherche en Suisse**

# Que font nos voisins ?



- British Health Protection Agency (**HPA**)
  - [www.hpa.gov.uk](http://www.hpa.gov.uk)
  - Radiation Protection Adviser (120 h)

- Allemagne
  - Pas de MSc spécifique en radioprotection
  - Possibilité de se spécialiser en RP ou radiobiologie dans le cadre d'un MSc scientifique
    - Seul centre de formation dans toute l'Allemagne : *Leibniz Universität Hannover\**



\* Communication de Pr Rolf Michel (Uni Hannover)

Bac PRO  
(environn.  
nucléaire)



Bac

+ 2 ans  
en sciences

BTS en  
radioprotection  
(1 an)

fantassins de  
l'industrie  
nucléaire (INSTN)

Bac

+ 3 ans en sciences

Licence PRO  
(1 an)

p.ex. dosimétriste,  
prod. industr. &  
techno nucléaire,  
etc.



Bac

+ licence en sciences  
(3 ans)

Master  
(2 ans)

p.ex. physique  
médicale, ingénierie  
nucléaire

divers diplômes de  
médecins du travail

DU RP  
(127 h)

p.ex. médecins  
dans l'industrie  
nucléaire

# Conclusions

- RP : simple technique ou discipline universitaire ?
  - **clairement universitaire**, mais ...  
approche multidisciplinaire nécessaire
  - peu de choses dans les unis suisses, mais ça bougeotte
- Et la recherche ?
  - recherche appliquée en médecine et dans le nucléaire
  - très peu en radiobiologie et en sciences de l'environnement



# Conclusions

- Et après ?
  - répondre aux obligations légales actuelles
    - en particulier en physique médicale et en médecine
  - refonte de la législation suisse d'ici à 2014
    - BSS européen & nouvelles exigences (RPE, RPO, MPE, ...)
- Mais encore...
  - Besoin de vrais objectifs d'apprentissage (compétences <> liste de thèmes)
  - Formation des enseignants