

Andreas PITZSCHKE, PhD  
Institute of radiation physics

# Individual dosimetry : External and internal exposure - Exercises -

EPFL, RPRA – 2018 / 2019



# 1. Radiation type

Your personal dosimeter registered the following doses. What does it tell you about the radiation type you were exposed to ?

$$H_p(10) = 0.2 \text{ mSv}$$

$$H_P(0.07) = 1.6 \text{ mSv}$$

## 2. Double-dosimetry

Calculate the equivalent dose resulting from the two dosimeters, over and under the apron:

$$H_{\text{under}} = 0.4 \text{ mSv} \quad ( H_p(10) \text{ and } H_p(0.07) )$$

$$H_{\text{over}} = 2.0 \text{ mSv} \quad ( H_p(10) \text{ and } H_p(0.07) )$$

# 3. Dose report

On your dose reported you have the following annual cumulated doses:

$$H_p(10) = 17.4 \text{ mSv}$$

$$H_p(0.07) = 17.6 \text{ mSv}$$

$$H_{\text{ext}} = 232.8 \text{ mSv} \quad (\text{ring dosemeter})$$

$$E_{50} = 4.7 \text{ mSv}$$

Compute the effective dose and judge if you exceed any dose limit.

# 4. Active dosimeter

Your passive dosimeter has measured the following monthly doses:

$$H_p(10) = 0.6 \text{ mSv}$$

$$H_p(0.07) = 0.6 \text{ mSv}$$

Your active dosimeter measured  $H_p(10) = 0.2 \text{ mSv}$ .

How do you interpret the measurement?

# 5. Committed effective dose

- 1) Calculate the committed effective dose received by a person who inhales 0.7 MBq of Iodine-125.
- 2) Indicate the effective dose received in case of ingestion of 60 kBq of Strontium-90.

Radionuclide	Half-life	Type of decay/ radiation	Assessment quantities					Clearance limit	Licensing limit	Guidance values		Unstable daughter nuclide
			$e_{inh}$ Sv/Bq	$e_{ing}$ Sv/Bq	$h_{10}$ (mSv/h)/ GBq at 1 m distance	$h_{0,07}$ (mSv/h)/ mGBq at 10 cm distance	$h_{c,0,07}$ (mSv/h)/ (kBq/cm <sup>2</sup> )	LL Bq/g	LA Bq	CA Bq/m <sup>3</sup>	CS Bq/ cm <sup>2</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I-125	59.400 d	ec / ph	7.30E-09	1.50E-08	0.033	4	<0.1	1.E+02	7.00E+05	1.00E+03	10	
Sr-90	28.79 a	β <sup>-</sup>	7.70E-08	2.80E-08	<0.001	1000	1.4	1.E+00	[2] 6.00E+04	1.00E+02	3	→ Y-90 [6]

# 6. Who does the screening measurement?

True or false?

The screening measurement of the internal contamination of the thyroid gland:

- Is done by the operator himself, at his work place
- Is carried out exclusively by an approved dosimetry service
- Can be done with a contamination monitor
- Allows for calculation of the committed effective dose

# 7. Positive screening measurement

True or false?

When a screening measurement gives a result higher than the measurement threshold, the radiation protection officer (RPO) :

- must calculate the committed effective dose according to the “Ordinance on dosimetry”,
- must immediately inform the supervising authority,
- must order an incorporation measurement to be performed by an approved dosimetry service,
- must conduct the measurement again using another measuring technique.



# 8. Positive screening for Cr-51

We measure an activity of 70 kBq of Cr-51 during a screening measurement. What should we do?

## 10. Cr-51

### 10.1 Métabolisme

Le métabolisme du chrome dépend de sa forme chimique (Cr III ou Cr VI). Comme on admet dans le modèle dosimétrique que les petites quantités de chrome-III inhalé sont oxydées en chrome-VI dans le poumon et que, d'autre part, le chrome-VI en circulation est réduit en chrome-III, les différences disparaissent presque complètement. 90 % du chrome inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez et le tube digestif (taux de résorption  $f_1 = 0,1$ ). Le chrome qui atteint la circulation sanguine est accumulé à 25 % à plus long terme dans le corps entier. Dans le cas du chrome-51, cette contribution est négligeable à cause de la période physique de 28 jours.

### 10.2 Méthodes de mesure

#### Mesure de tri

Mesure directe du rayonnement gamma à l'aide d'un instrument de mesure de l'activité thoracique.

*Seuil de mesure:* 120 000 Bq

#### Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un anthropogammamètre de l'activité Cr-51 M en Bq.

### 10.3 Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1<sup>re</sup> mesure

$T_{tri}$ :	30 jours	$T_{mesure}$ :	30 jours	$t_{\text{événement}}$ :	immédiatement
-------------	----------	----------------	----------	--------------------------	---------------

### 10.4 Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E <sub>50</sub> : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,071 \times 10^{-9}$
M: Valeur de mesure en Bq	2	$0,13 \times 10^{-9}$
$e_{inh}$ : Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,23 \times 10^{-9}$
m(t): Fraction de rétention	4	$0,31 \times 10^{-9}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$0,37 \times 10^{-9}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$0,41 \times 10^{-9}$
	7	$0,45 \times 10^{-9}$
<b>Intervalle de surveillance T = 30 jours</b>	15	$0,67 \times 10^{-9}$
	30	$1,2 \times 10^{-9}$
	45	$2,0 \times 10^{-9}$

### 10.5 Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours:  $E_{50} = M \cdot 0,67 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,34$

# 9. Frequency of a screening measurement

The screening measurement for a person working with I-125 must be taken at what frequency:

- every day
- every week
- every month
- every year
- screening measurements are not necessary when working with I-125

## 26. I-125

### 26.1 Métabolisme

L'iode inhalé (classe d'absorption type F) est exhalé à 50 %. L'autre moitié atteint rapidement la circulation sanguine (taux de résorption  $f_1 = 1$ ). De là environ 30 % est résorbé en 1 jour dans la glande thyroïde et 70 % est éliminé par voie urinaire. La période biologique dans la glande thyroïde est de 80 jours et la période physique est de 60 jours.

### 26.2 Méthodes de mesure

#### Mesure de tri

Mesure directe de l'activité fixée dans la glande thyroïde avec un moniteur de contamination.

*Seuil de mesure:* 1300 Bq

#### Mesure d'incorporation

Mesure à l'aide d'un moniteur thyroïdien de l'activité de I-125 M en Bq.

### 26.3 Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1<sup>re</sup> mesure

T <sub>tri</sub> :	30 jours	T <sub>mesure</sub> :	90 jours	t <sub>événement</sub> :	6–12 h
--------------------	----------	-----------------------	----------	--------------------------	--------

### 26.4 Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E <sub>50</sub> : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,56 \times 10^{-7}$
M: Valeur de mesure en Bq	2	$0,52 \times 10^{-7}$
$e_{inh}$ : Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,52 \times 10^{-7}$
m(t): Fraction de rétention	4	$0,56 \times 10^{-7}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$0,56 \times 10^{-7}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$0,56 \times 10^{-7}$
	7	$0,56 \times 10^{-7}$
	15	$0,66 \times 10^{-7}$
	30	$0,90 \times 10^{-7}$
<b>Intervalle de surveillance T = 90 jours</b>	45	$1,2 \times 10^{-7}$
	60	$1,6 \times 10^{-7}$
	90	$2,6 \times 10^{-7}$
	135	$6,1 \times 10^{-7}$

### 26.5 Interprétation en cas d'incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 90 jours:  $E_{50} = M \cdot 1,2 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,2018$

# 10. Monitoring program for H-3

814.501.43

Protection de l'équilibre écologique

Establish a monitoring program for a person working with an open source of Tritium (H-3).

## B Fiches spécifiques

### 1. H-3 sous forme de HTO

#### 1.1 Métabolisme

Le tritium sous forme d'eau tritiée peut être incorporé par inhalation, ingestion ou absorption à travers la peau. 97 % du tritium se mélange rapidement avec l'eau corporelle et est éliminé, principalement par l'urine, avec une période de 10 jours. Les 3 % restant sont liés organiquement et éliminés avec une période de 40 jours. Ainsi l'irradiation est pratiquement proportionnelle à la concentration du tritium dans l'urine. Les travailleurs qui manipulent de la peinture luminescente ou des aiguilles et des cadrans lumineux sont soumis à une incorporation chronique de tritium. Dans ce cas, un équilibre s'établit entre l'activité corporelle et celle de l'urine, et la dose doit être calculée à l'aide d'un modèle d'incorporation chronique.

#### 1.2 Méthodes de mesure

##### Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 42 000 Bq/l

##### Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en tritium de l'urine  $C_u$  en Bq/l.

#### 1.3 Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1<sup>re</sup> mesure

$T_{tri}$ :	30 jours	$T_{mesure}$ :	30 jours	$t_{événement}$ :	1 jour
-------------	----------	----------------	----------	-------------------	--------

#### 1.4 Interprétation en cas d'incorporation unique

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
$E_{50}$ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,78 \times 10^{-9}$
$C_u$ : Valeur de mesure en Bq/l	2	$0,86 \times 10^{-9}$
$e_{inh}$ : Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,90 \times 10^{-9}$
$m(t)$ : Fraction excrétée dans l'urine journalière (= 1,4 l) en l <sup>-1</sup>	4	$0,95 \times 10^{-9}$
$t$ : Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$1,1 \times 10^{-9}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$1,1 \times 10^{-9}$
	7	$1,2 \times 10^{-9}$
<b>Intervalle de surveillance T = 30 jours</b>	15	$2,0 \times 10^{-9}$
	30	$5,3 \times 10^{-9}$
	45	$13 \times 10^{-9}$

#### 1.5 Interprétation en cas d'incorporation chronique

Intervalle de surveillance T = 30 jours:  $E_{50} = C_u \cdot 1,4 \cdot 10^{-9}$  (Sv par  $^{20}$ intervalle de surveillance)

# 11. Incorporation measurement and effective dose

During a routine incorporation measurement we measure 15 kBq of P-32 in the urine of a worker.

Estimate the effective committed dose.

## 6. P-32

### 6.1 Métabolisme

Environ 70 % du phosphate inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez, le tube digestif (part de résorption  $f_1 = 0,8$ ) et l'urine. Le phosphate qui atteint la circulation sanguine est résorbé à environ 70 % dans les tissus mous et les os. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique, de même que par l'élimination relativement rapide depuis les tissus mous par la voie urinaire (période: 19 jours).

### 6.2 Méthodes de mesure

#### Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

*Seuil de mesure:* 200 Bq/l

#### Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en phosphore-32 de l'urine  $C_u$  en Bq/l.

### 6.3 Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1<sup>re</sup> mesure

$T_{tri}$ :	30 jours	$T_{mesure}$ :	30 jours	t'événement:	2 jours
-------------	----------	----------------	----------	--------------	---------

### 6.4 Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/l/Bq]
$E_{50}$ : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,011 \times 10^{-5}$
$C_u$ : Valeur de mesure en Bq/l	2	$0,018 \times 10^{-5}$
$e_{inh}$ : Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,029 \times 10^{-5}$
$m(t)$ : Fraction excrétée dans l'urine journalière (= 1,4 l) en l <sup>-1</sup>	4	$0,043 \times 10^{-5}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$0,056 \times 10^{-5}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$0,073 \times 10^{-5}$
	7	$0,090 \times 10^{-5}$
<b>Intervalle de surveillance T = 30 jours</b>	15	$0,27 \times 10^{-5}$
	30	$0,92 \times 10^{-5}$
	45	$3,1 \times 10^{-5}$

### 6.5 Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours:  $E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,09 \cdot 22$

# 12. Incorporation measurement and effective dose

The incorporation measurement gives 0.7 kBq of P-32 in the urine of a worker.

By checking the results of the measurement one month ago, we realise that there was an issue with the measurement and the data is corrupted.

Estimate the effective committed dose.

## 6. P-32

### 6.1 Métabolisme

Environ 70 % du phosphate inhalé (classe d'absorption type M) est rapidement éliminé via le nez, le tube digestif (part de résorption  $f_1 = 0,8$ ) et l'urine. Le phosphate qui atteint la circulation sanguine est résorbé à environ 70 % dans les tissus mous et les os. La durée de séjour de cette fraction est déterminée par la période physique, de même que par l'élimination relativement rapide depuis les tissus mous par la voie urinaire (période: 19 jours).

### 6.2 Méthodes de mesure

#### Mesure de tri

Mesure directe d'un échantillon d'urine par scintillation liquide.

Seuil de mesure: 200 Bq/l

#### Mesure d'incorporation

Mesure par scintillation liquide de la concentration en phosphore-32 de l'urine  $C_u$  en Bq/l.

### 6.3 Intervalles de surveillance T et laps de temps t entre l'événement et la 1<sup>re</sup> mesure

$T_{tri}$ :	30 jours	$T_{mesure}$ :	30 jours	$t_{évènement}$ :	2 jours
-------------	----------	----------------	----------	-------------------	---------

### 6.4 Interprétation sans tenir compte d'une incorporation antérieure

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [jour]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/lBq]
E <sub>50</sub> : Dose engagée durant 50 ans en Sv	1	$0,011 \times 10^{-5}$
C <sub>u</sub> : Valeur de mesure en Bq/l	2	$0,018 \times 10^{-5}$
e <sub>inh</sub> : Facteur de dose en Sv/Bq	3	$0,029 \times 10^{-5}$
m(t): Fraction excrétée dans l'urine journalière (= 1,4 l) en l <sup>-1</sup>	4	$0,043 \times 10^{-5}$
t: Laps de temps entre la mesure et l'incorporation en jours.	5	$0,056 \times 10^{-5}$
Lorsque le moment de l'incorporation est inconnu, on pose $t = T/2$	6	$0,073 \times 10^{-5}$
	7	$0,090 \times 10^{-5}$
<b>Intervalle de surveillance T = 30 jours</b>	15	$0,27 \times 10^{-5}$
	30	$0,92 \times 10^{-5}$
	45	$3,1 \times 10^{-5}$

### 6.5 Correction pour une incorporation antérieure

Intervalle de surveillance T = 30 jours:  $E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,09$