



Application de la méthode ALARA à la conception d'un service dans le domaine médical

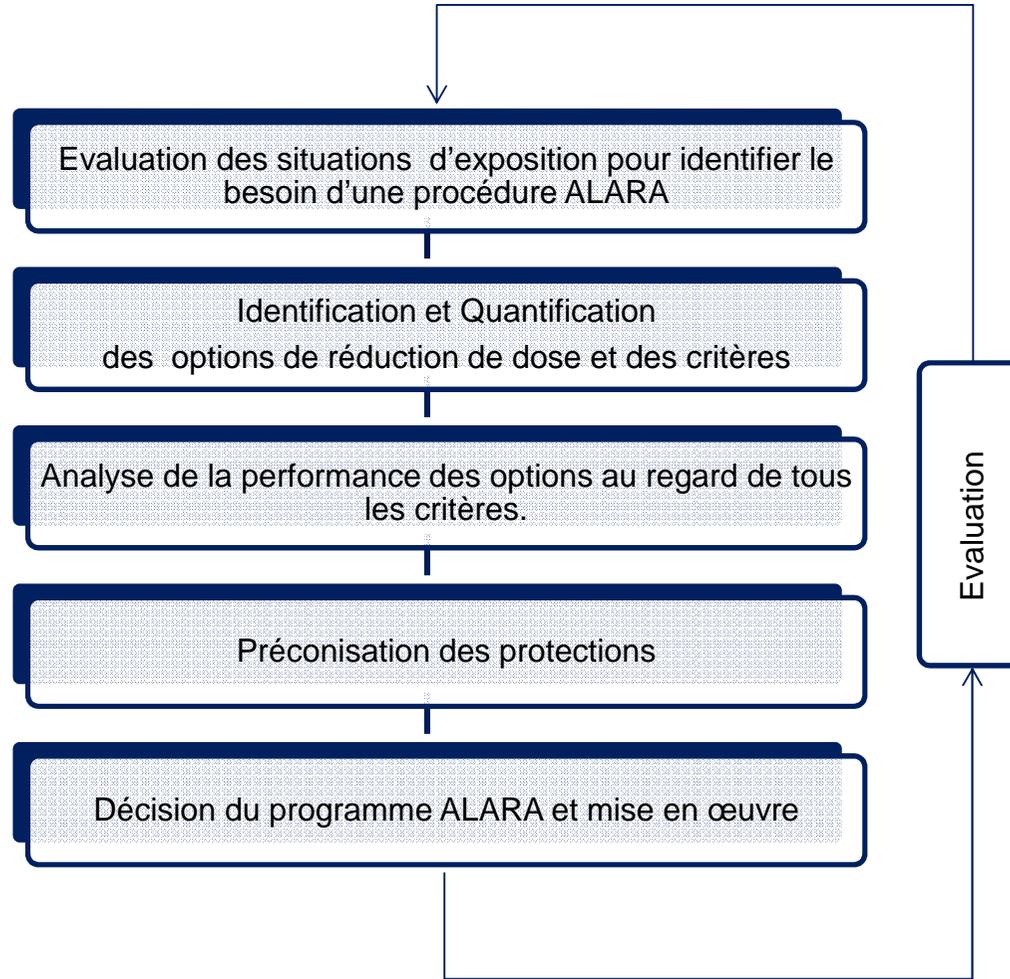
Christian Lefaure, Sébastien Balduyck*, Rodolfo Cruz Suarez



11 juin 2014
6^{èmes} Journées ALARA



Processus formalisé





Constat

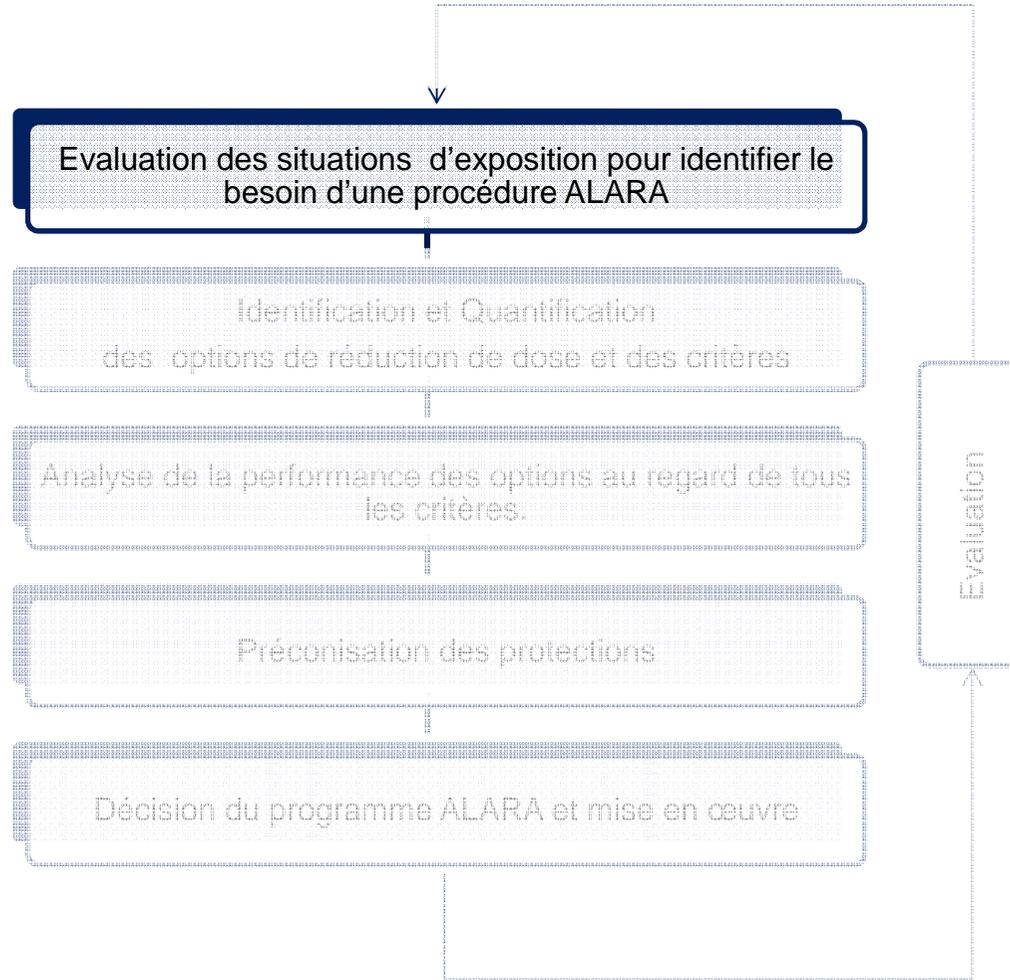
Lors de la conception d'un service médical, la radioprotection :

- ☢ n'est pas intégrée systématiquement dès la conception,
- ☢ est souvent bien analysée, mais pas formellement,
- ☢ doit être balancée avec les autres risques, facteurs, contraintes.

La procédure formalisée ALARA est souvent inconnue des acteurs de terrain.

Cardiologie interventionnelle







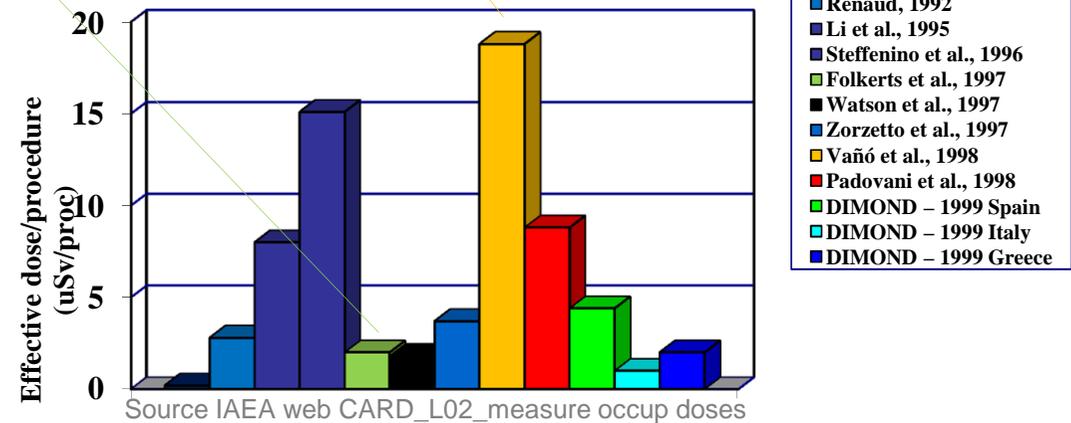
Enjeux d'exposition des travailleurs

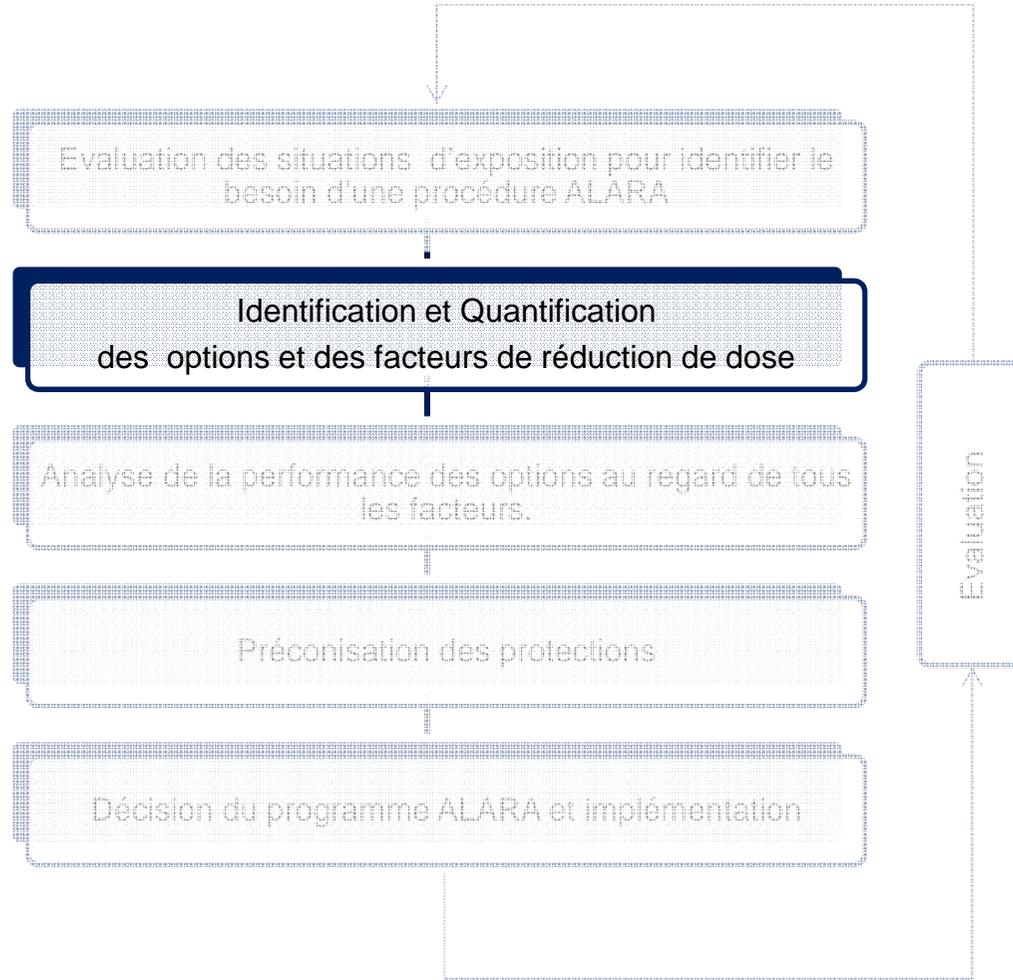
☢ Opérateur A : 1000 procédures/an

- 2 μSv /procédure
- $E = 0.002 * 1000 = 2 \text{ mSv/an} = 1/10 \text{ dose limite annuelle}$

☢ Opérateur B : 1000 procédures/an

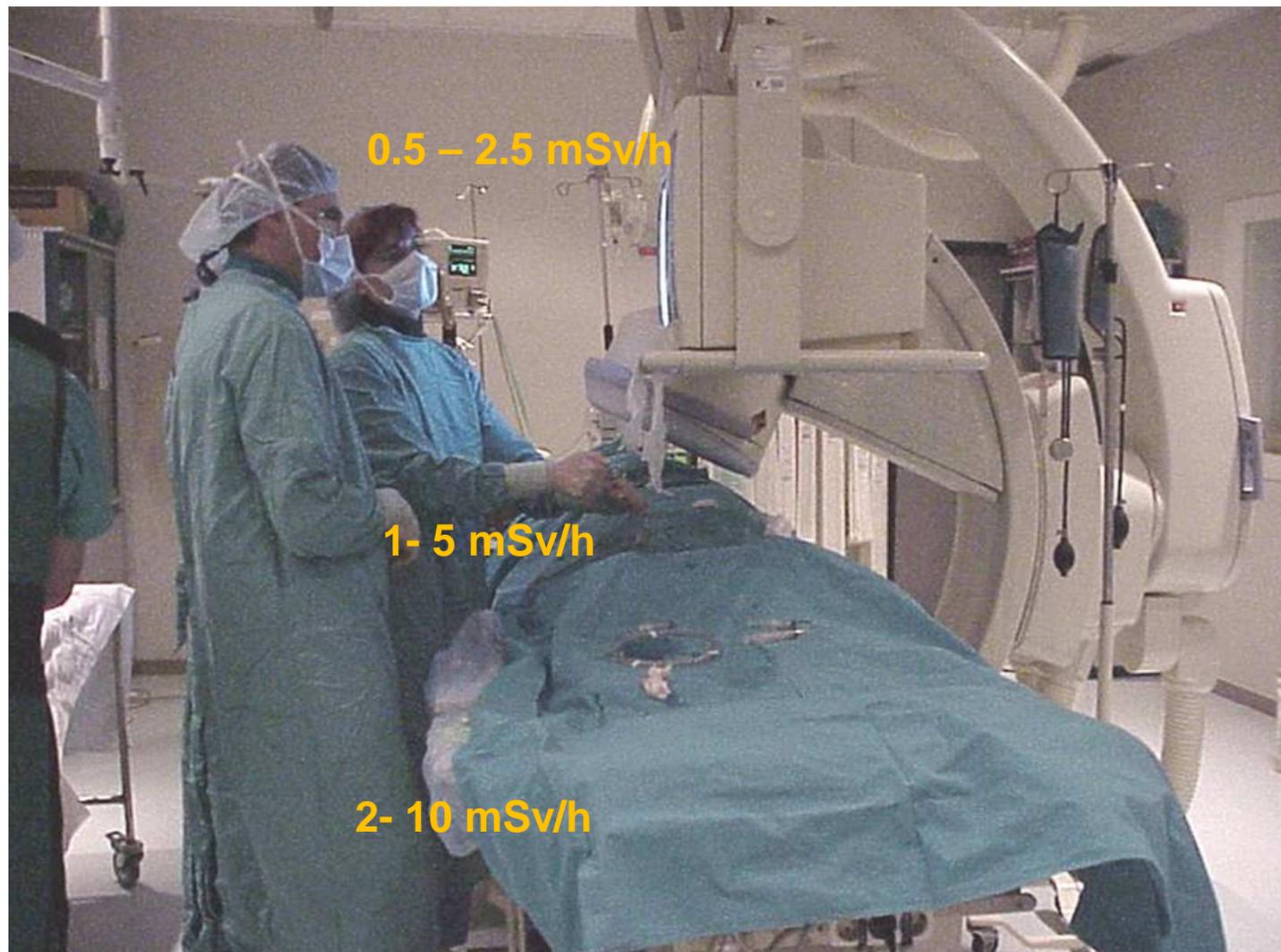
- 20 μSv /procédure
- $E = 0.02 * 1000 = 20 \text{ mSv/an} = \text{dose limite annuelle}$







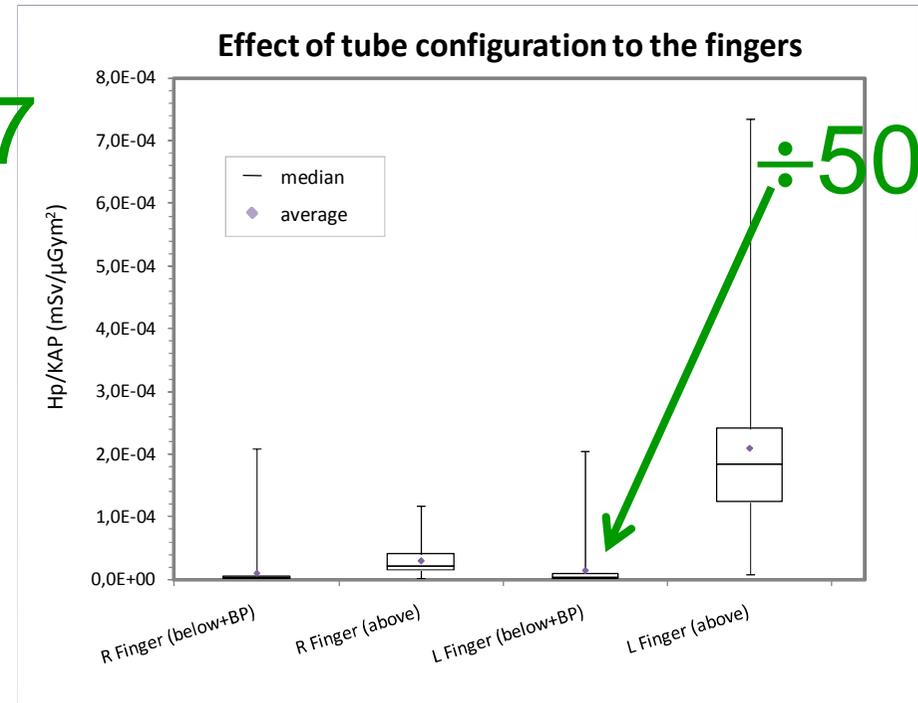
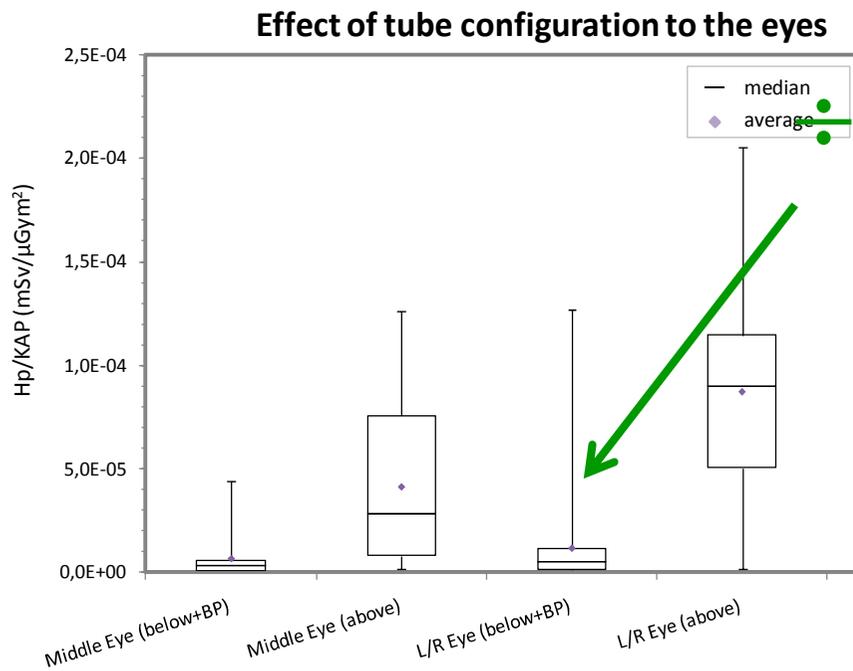
Mesures de DdD, sans EP



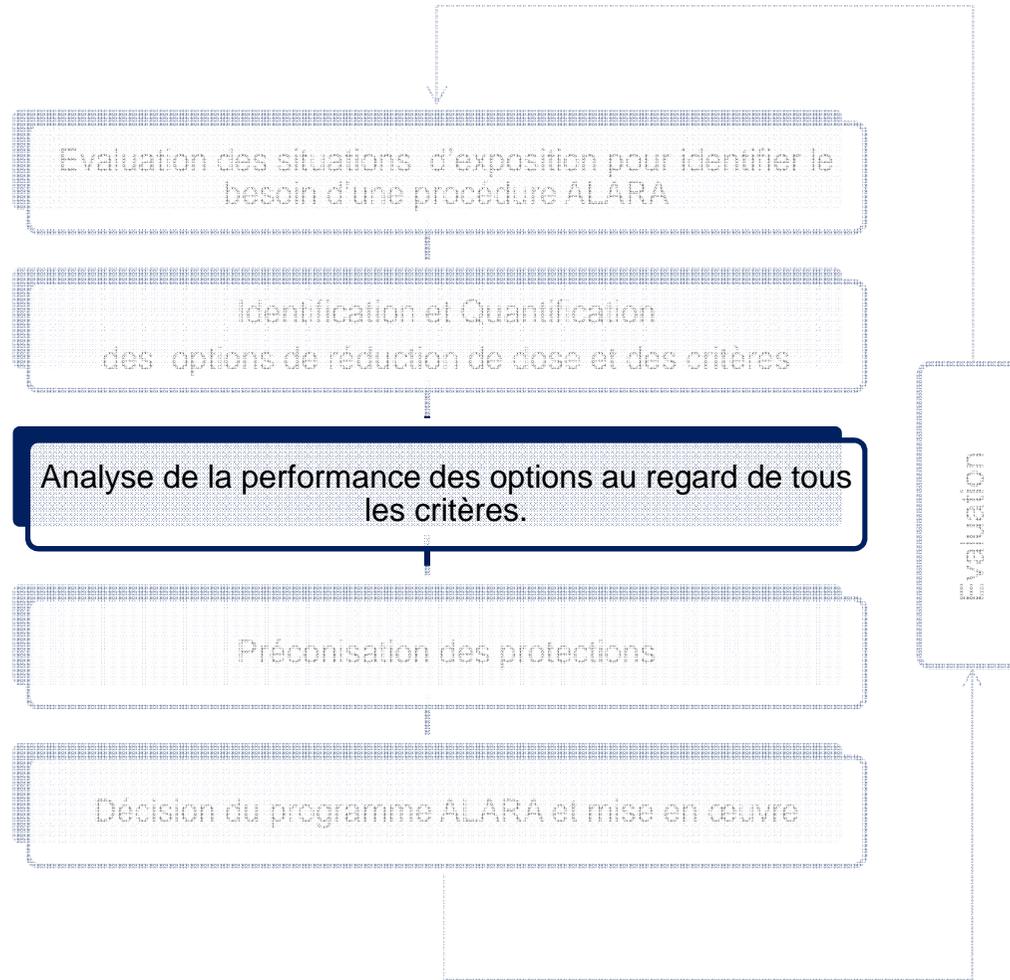
IAEA, E. Vaño



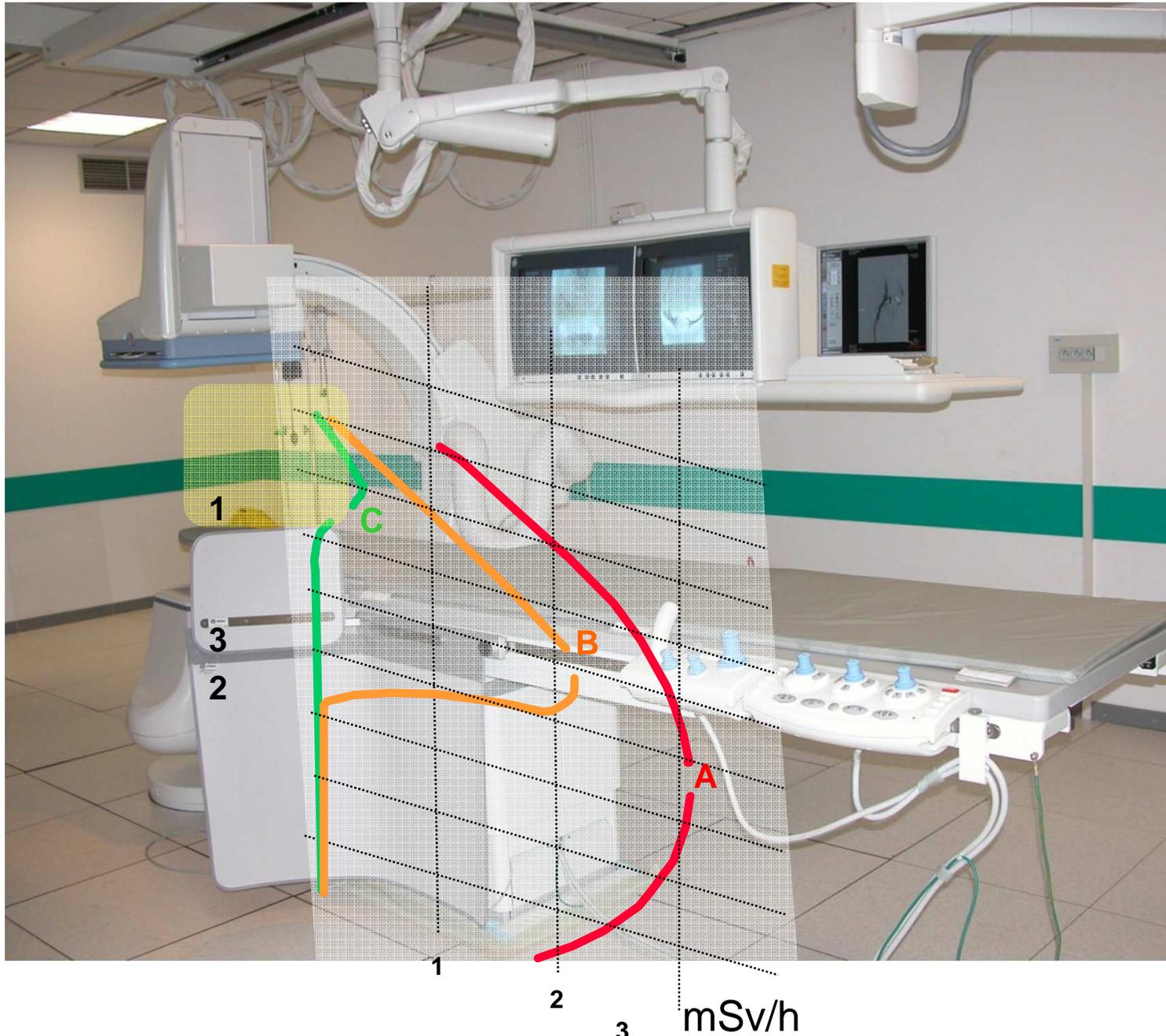
Exemple de première option d'optimisation : Tube RX sous la table



Réduction de l'exposition à l'oeil (2-17 x) et à la main (2-50 x)



Ecrans de protection collective

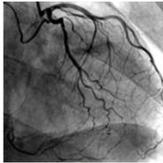


A : Sans protection

B : protections 1 & 2

C : protections 1, 2 & 3

D'après H. Weigand (Klinikum Wiesbaden)



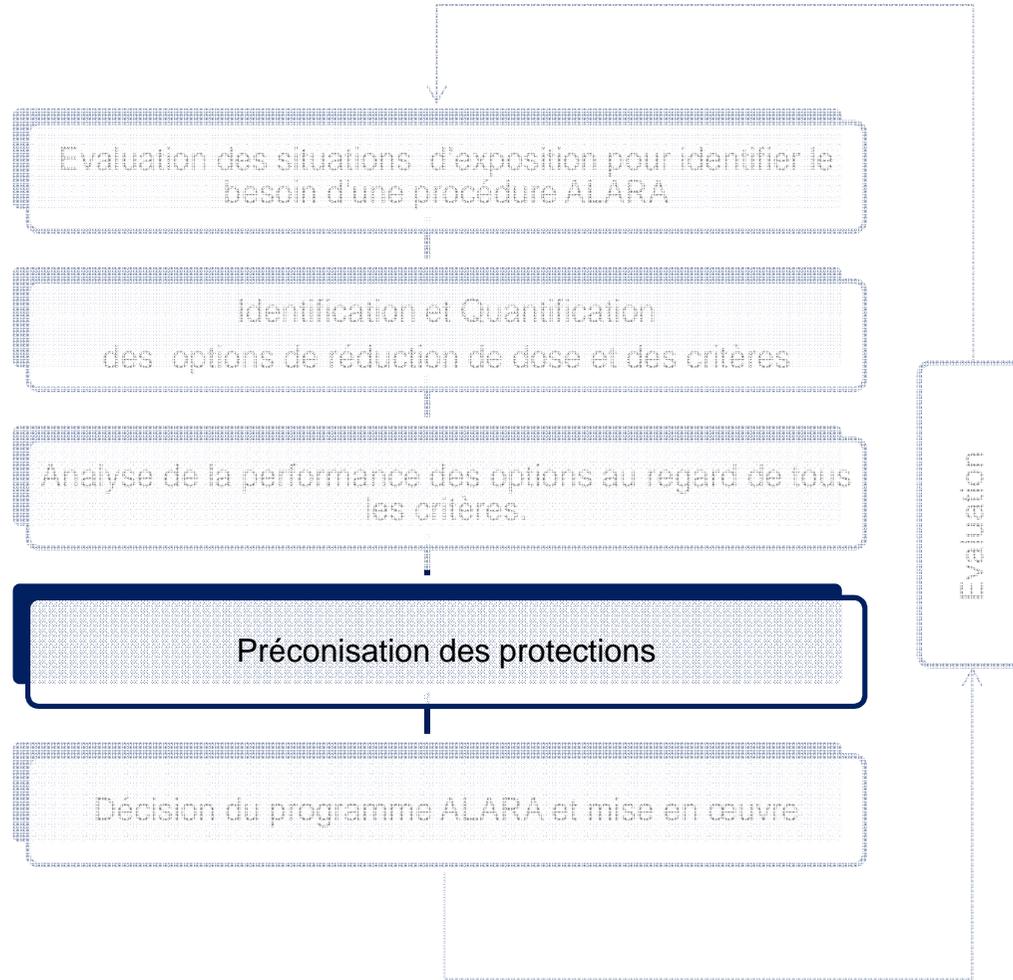
Résultat de l'étude coût/efficacité

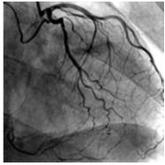
- ☢ Les protections collectives ne sont pas plus coûteuses que la plupart des protections individuelles sauf les gants.
- ☢ La plupart des combinaisons d'actions ont un coût très raisonnable en comparaison du coût de maintenance d'une salle de cardio interventionnelle.
- ☢ A ce stade la plupart des actions de protection apparaissent efficaces et peu coûteuses. Sauf les gants, aussi bien en efficacité qu'en coût.
- ☢ Que dire des autres critères ?



Analyse multi-critères

	Déchets	Inconfort, Perte Dextérité	Dose patient	Hygiène
Aucune option	Non	Non	+++ Ou non	Non
Gants Pb	- - -	- - -	- -	Non
Lunettes Pb	-	- -	Non	Non
Tablier Pb	-	-	Non	Non
Bavolet	Non	Non	Non	Non
Ecran pano.	Non	Non	Non	Non
Cabine Pb	Non	+ +	Non	++
Protège Thyroïde	-	-	Non	-





Parmi les Préconisations



Tout ce qui :

- est bon pour la protection du travailleur,
- ne coûte rien
- n'a pas d'impact sur la dose patient (et quand bien même),

⇒ doit être mis en oeuvre,

⇒ doit devenir la référence commune.



Les EPC doivent être mis en oeuvre en raison de leur bon rapport Δ coût/ Δ dose.



Les EPI (tabliers, PT) ont aussi un bon Δ coût/ Δ dose. Hygiène.

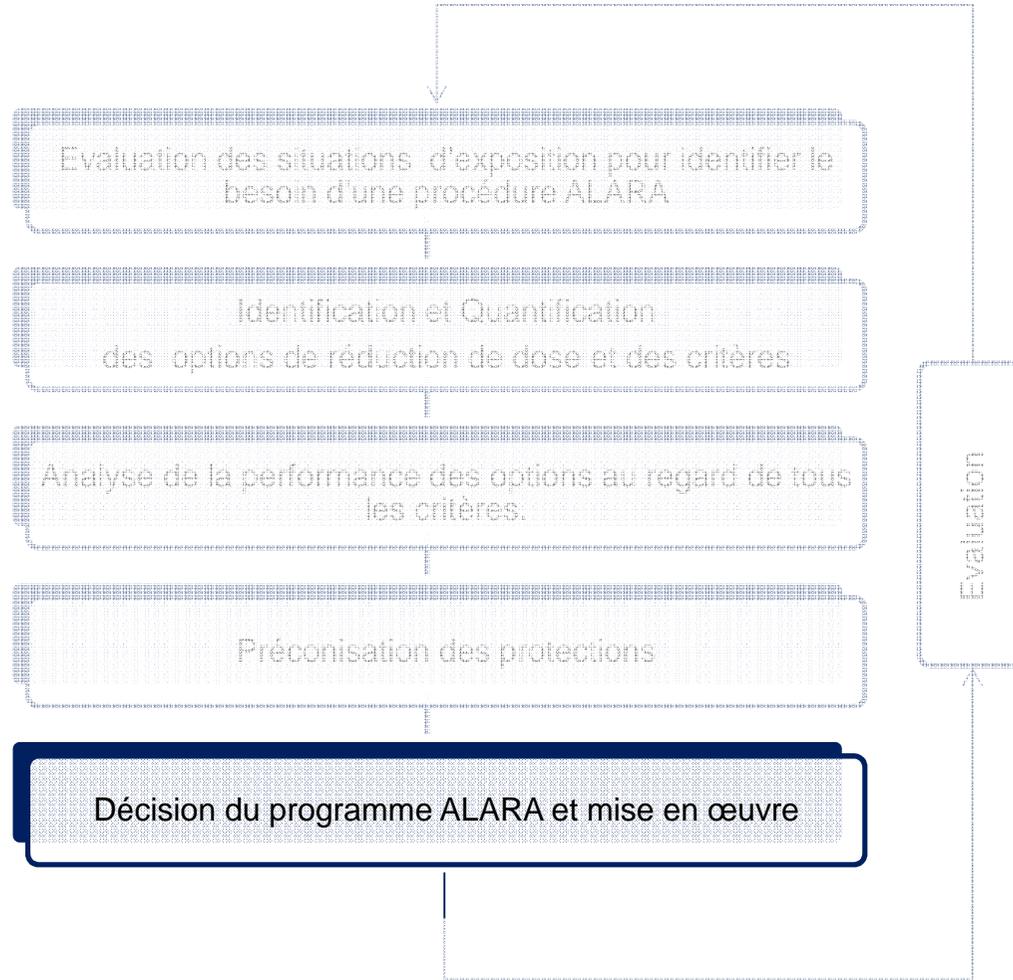


La cabine reste une option, intéressante selon les cas.



Les gants Pb proposés actuellement n'ont aucun intérêt financier ou RP.

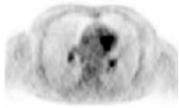




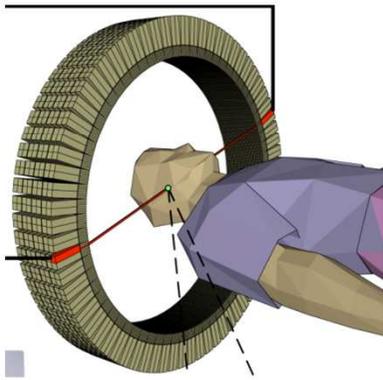
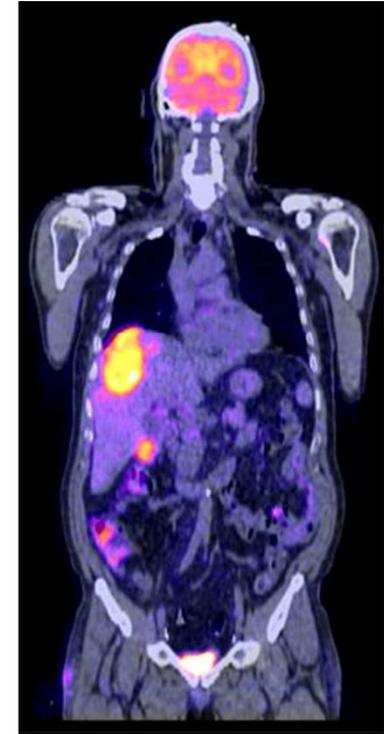


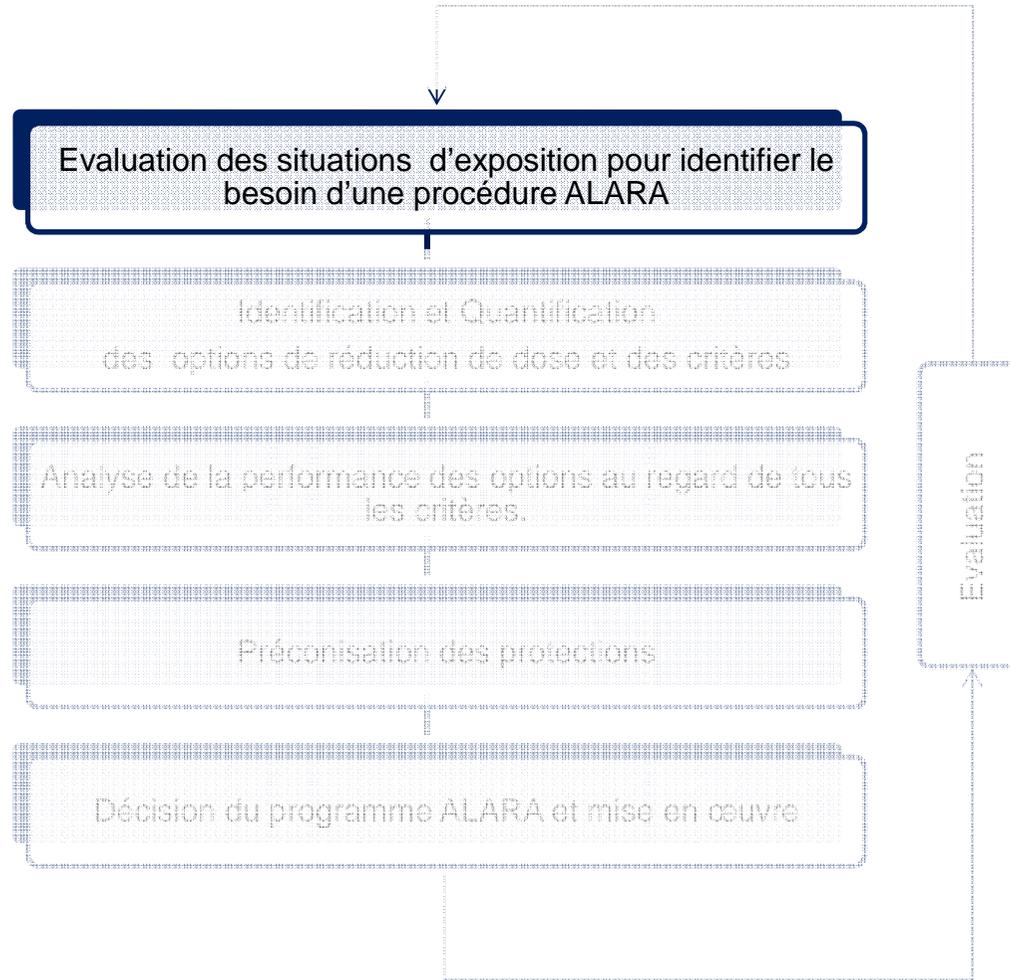
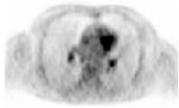
Décisions

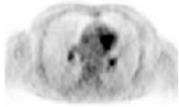
- ☢ Installation des EPC (bavolets, écrans pano.) sur toutes les salles de cardio interventionnelle.
- ☢ Utilisation systématique des lunettes Pb, au moins jusque l'installation des écrans pano et après évaluation de ceux-ci.
- ☢ Formations pour s'assurer que tous les travailleurs présents dans la salle de cardio interventionnelle connaissent les axes de radioprotection pour eux-mêmes, leurs collègues, le patient.
- ☢ Réévaluation périodique des modes opératoires, en incluant l'angle de la radioprotection et en associant le RPO.



TEP au ^{18}F







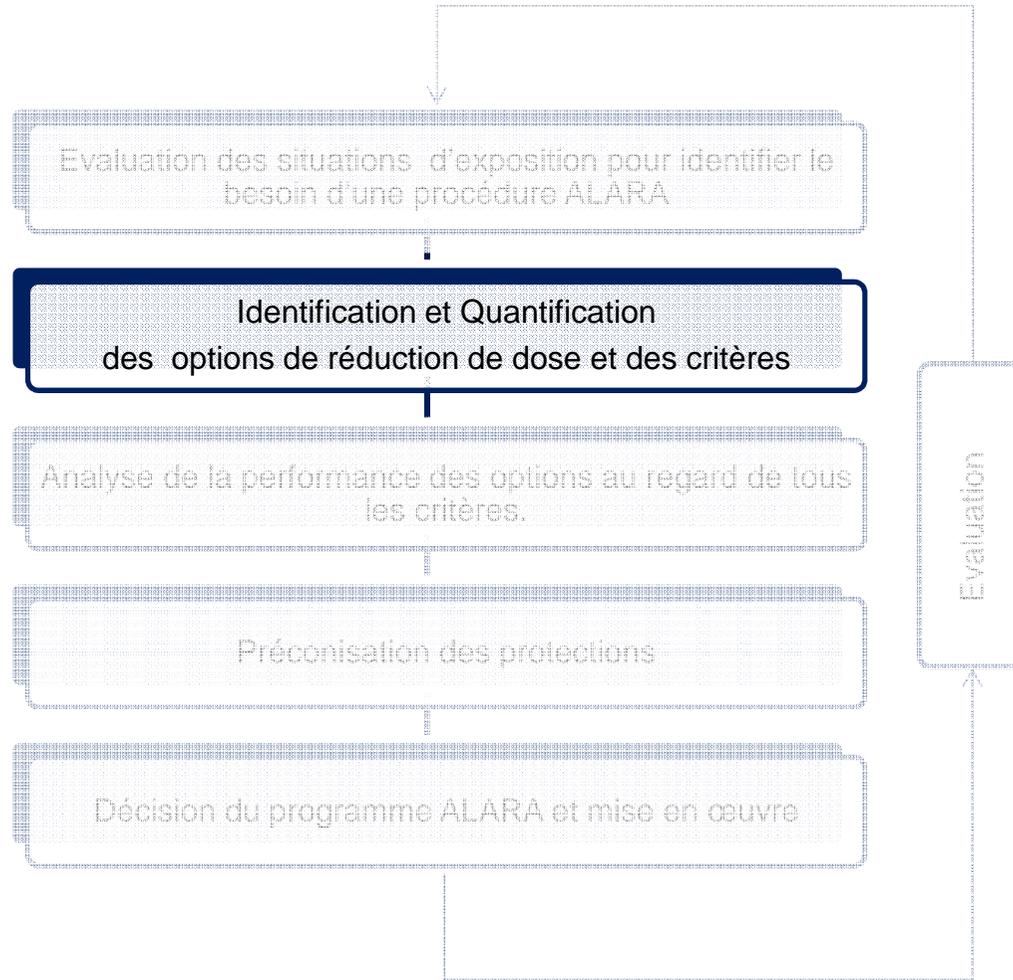
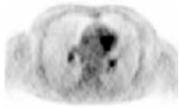
TEP au ^{18}F

Quels sont les enjeux en termes de RP des travailleurs ?

- Y a t il un risque d'avoir des expositions professionnelles élevées?

ORAMED : 25 % atteignent la limite extrémités

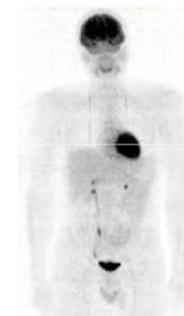
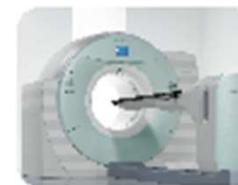
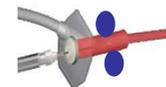
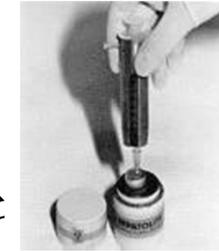
- Si oui quand et où?
- Quel est le système qui doit être optimisé?





Etapes

- Début
- 15 min
- + 90 min
- + 45 à 60 min
- Durée Totale
2h30 à 3h
1. Réception, déballage et manipulation
 2. Préparation de la seringue
 3. Transport de la seringue jusqu'à la salle d'injection
 4. Injection du F18
 5. Retrait de la seringue
 6. Le patient est au repos
 7. Accompagnement du patient au TEP
 8. Installation du patient dans le TEP
 9. Réalisation de l'examen TEP
 10. Retrait et départ du patient



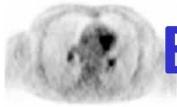
Aucun contact



SORTIE

Quelles options de protection pour chaque étape?

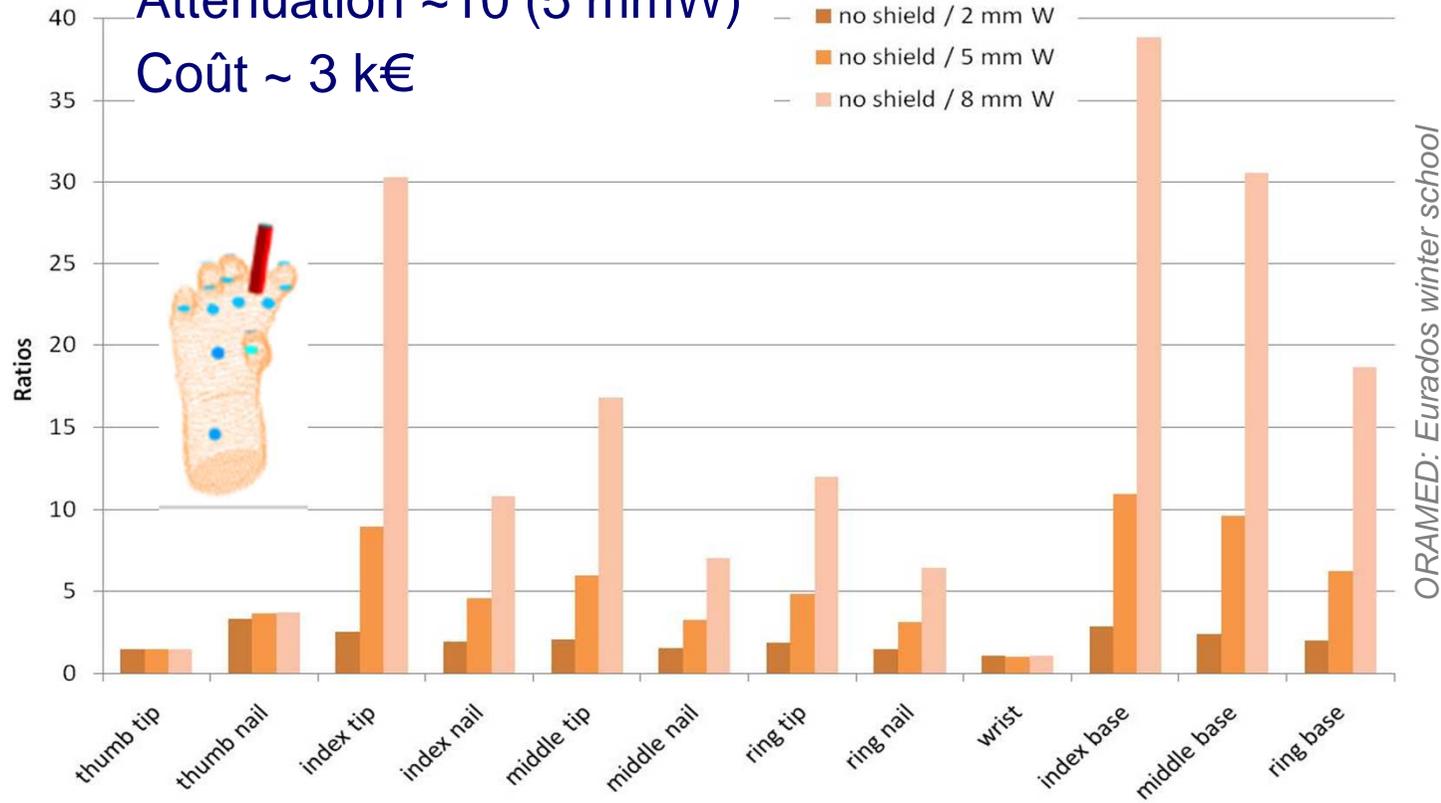
étapes	Réduction du débit de dose et du risque de contamination		Réduction du Volume de Travail Exposé	Réduction du VTE et du DDD
	Protections collectives dose externe	EPI Exposition interne		
1/Déballage et manipulation du ^{18}F	Blindage de la fiole Blindage de la pièce de stockage	Gants		Outil totalement automatique et blindé pour la préparation et l'injection du ^{18}F
2/Préparation de la seringue	Blindage de la fiole Forceps Protect. bio. de la seringue Cellule blindée avec BAG	Gants Buvard absorbant Cellule blindée avec boîtes à gants (BAG)	Formation au bon usage des Prot . Bio. et à la manipulation du ^{18}F	
3/Transport de la seringue	Protect. bio. de la seringue Chariot blindé ou valise blindée	Gants		
4/Injection du ^{18}F	Protect. bio. de la seringue Ecran mobile blindé	Gants et masque	Utilisation d'un cathéter Formation au bon usage des Prot . Bio et aux bons gestes	
5/Retrait de la seringue	Ecran mobile blindé	Gants et masque Utilisation d'un cathéter	Formation au bon séquençement des opérations	
6/Repos patient			Système Audio Video	
7/Aller en salle d'examen			<i>Fléchage sur le sol (vieilles installations)</i> Système Audio Video	
8-9/Installation et examen TEP	Distance	gants	Système Audio Video	



Efficacité et coût du protège seringue (données Eurados)

Atténuation ~10 (5 mmW)

Coût ~ 3 k€



ALARA à la conception d'un service médical

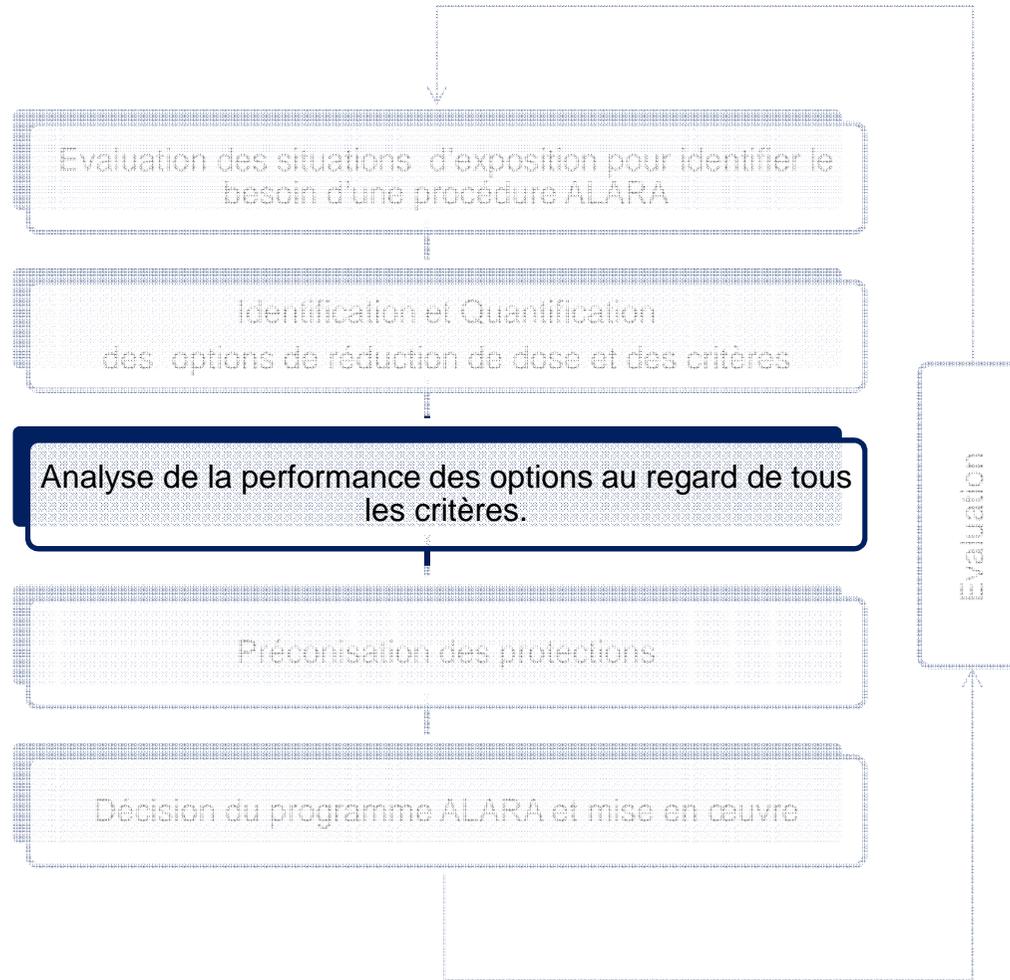
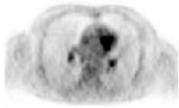


Oui



ou





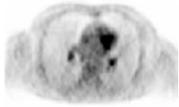


Synthèse des critères pour les options à coût nul

Action	Réduction de la dose travailleur	Impact sur la dose patient	Complémentarités
1 Installer le système video et audio	Suppression de doses inutiles	NON	avec toutes les autres
2 Optimiser la quantité de ^{18}F	Modifie toutes les doses dans la même proportion	Modifie toutes les doses dans la même proportion	avec toutes les autres
3 Maintenir le blindage sur le flacon durant la préparation	jusqu'à 5 fois	NON	avec toutes les autres
4 Avoir le bon comportement - Quand il est nécessaire d'être près du patient, rester à 1 m mini - Quand on tient la seringue, ne pas la prendre près de l'aiguille - quand on procède au retrait de la seringue, si l'on utilise un cathéter, d'abord rincer puis retirer.	Réduit la dose efficace Réduit la dose extrémités Réduit la dose extrémités et le risque de contamination		avec toutes les autres

ALARA à la conception d'un service médical

La référence pour l'optimisation doit donc inclure toutes ces options dans la situation de base tant pour le processus de prise de décision que pour les formations.



Calcul des coûts annuels (hors effluents)

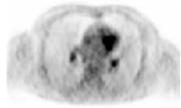
Hypothèses:

2000 examens par an; 3 travailleurs postés

coût d'exploitation annuel = coût par examen x 2000

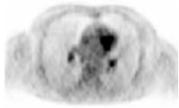
amortissement = investissement / durée de vie

Actions	Coût d'exploitation par examen	Coût d'investissement	coût d'exploitation annuel	Amortissement annuel	Coût total annuel
1 gants	0,1		200	0	200
2 masque	0,3		600	0	600
3 forceps		10		2,5	2,5
4 prot bio. seringue		3000		300	300
5 cellule blindée avec BAG		100000		10000	10000
6 buvard			44		44
7 chariot ou valise blindé(e)		2500		250	250
8 cathéter	1		2000		2000
9 écran mobile		10000		1000	1000
10 formation suppl.		1500		300	300

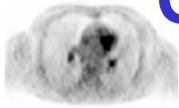


Coût de la dose efficace marginale épargnée dans la phase de préparation ...

Action	Coût total €/an	Fact. dim dose	Dose collective annuelle H.mSv	Δ coût	Δ dose	Δ coût / Δ dose €/HmSv	Raisonnable ?
référence	0		300				
forceps	2,5	15	20	2,5	-280	0,01	OUI
protège seringue	100	15	20	97,5	0	Rejeté	
For + Prot seringue	102,5	15 x 15	1,3	100	-18,7	5,3	Oui
Cellule Blindée	10000	33	9	9897	+	Rejeté	
For + Prot ser + Cell BI	10102,5	15 x 15 x 33	0,04	10000	- 1,26	7936	NON au regard de la seule dose efficace externe



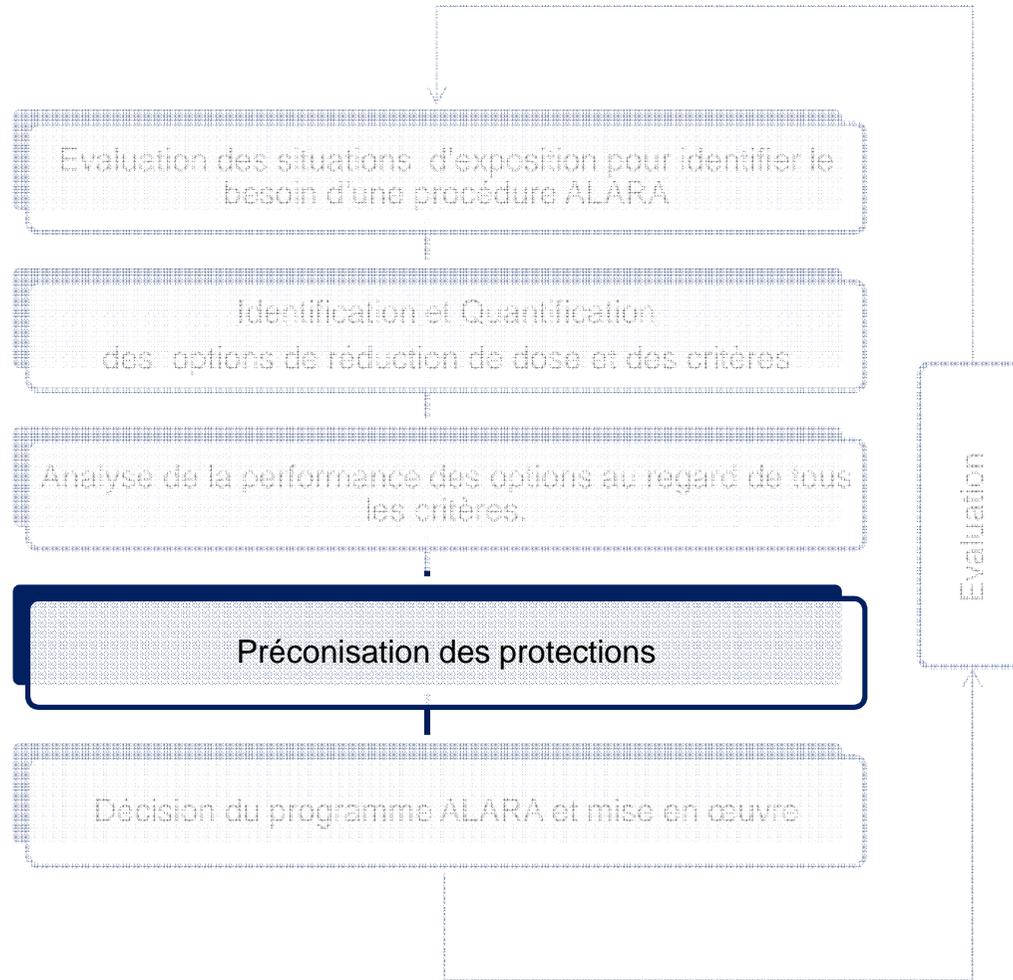
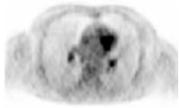
- Le ratio $\Delta\text{coût}/\Delta\text{dose}$ efficace est élevé : le gain est objectivement faible par rapport au coût.
- La cellule n'a en outre pas d'impact sur la dose extrémités.

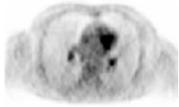


Quel est l'impact de la réduction des doses aux extrémités (toutes phases)?

Phase	Action	Dose collective annuelle par phase HmSv	Cumul de dose coll annuelle	Dose individuelle annuelle si 3 intervenants
préparation	référence	60000		
	optimum	266	P =266	
transport	Référence	20000		
	optimum	2,6	P + T =268,6	
injection	Référence	40000		
	Ref = protège seringue (+ écran mobile)	2666	P + T+ I = 2935	978
La situation n'est pas acceptable car les 500 mSv sont dépassés.				
	Ref + catheter	$2666/4 = 666,7$	935,3	311

L'utilisation du cathéter qui n'est pas crucial pour réduction de dose efficace **apparaît nécessaire** pour maintenir les 3 intervenants au dessous de la limite extrémités.





Parmi les Préconisations

- ☢ La part la plus importante de la dose efficace pour un examen est l'exposition via le patient.
- ☢ Elle peut atteindre 3 à 5 mSv /intervenant (2000 examens/an, 3 intervenants), tandis que la dose efficace reçue dans la phase de préparation sans cellule blindée n'excédera jamais 2 mSv /intervenant.
- ☢ De manière inattendue, la cellule blindée n'est pas le facteur de réduction principal.
- ☢ La formation complémentaire :
 - permet de réduire de 33 à 50% les temps d'exposition
 - d'optimiser le positionnement
 - ⇒ permet de gagner un nombre important de mSv,
 - coût <300 €/H.mSv épargné, très raisonnable.



Conclusion

- ☢ Faisabilité de l'utilisation de la procédure ALARA dans le milieu médical : OK.
- ☢ La plupart du temps, elle conforte les prises de décision empiriques. Mais l'exemple du ^{18}F a montré qu'elle pouvait fortement questionner ce qui était considéré comme acquis.
- ☢ Pas appliquée à chaque conception mais :
 - même s'ils ne la suivent pas précisément, les acteurs de la radioprotection doivent connaître cette méthodologie
 - il y a *a minima* un besoin de réaliser des études de cas génériques au niveau national.

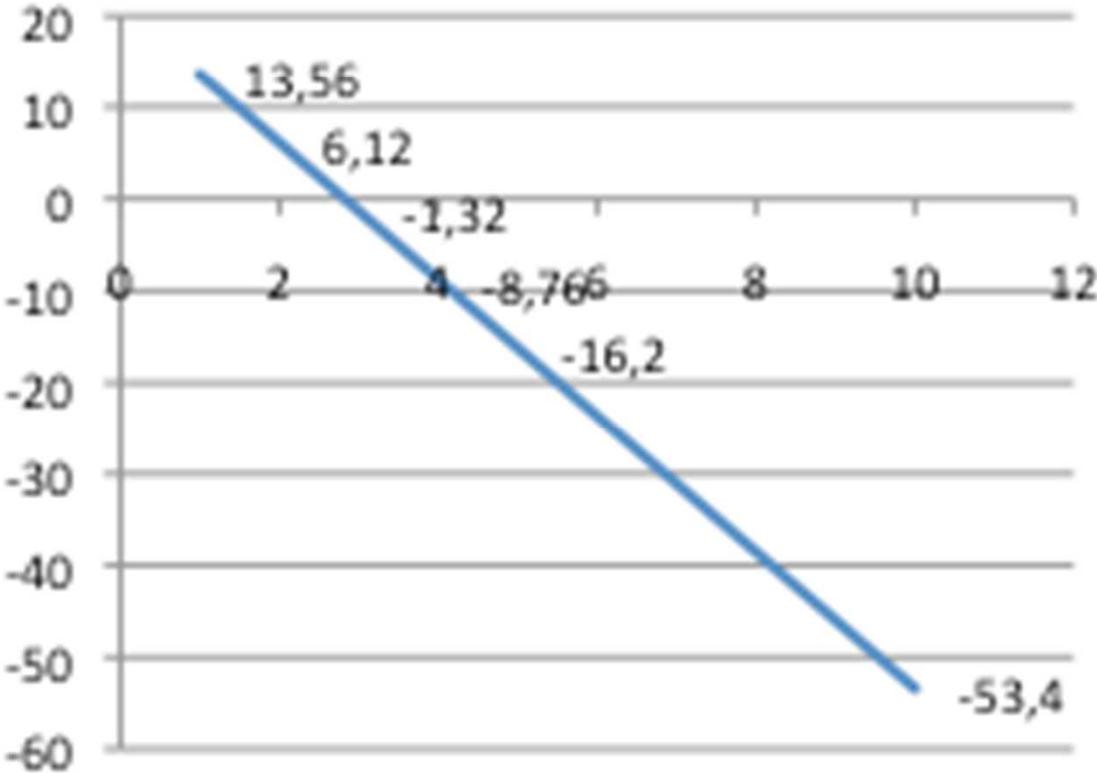


ALARA à la conception d'un service médical



Un système automate pour préparation et injection

Coût annuel (k€)
en fonction du nombre d'examens



Gain de dose et coût pour chaque option.

Complémentarité.

	Oeil	Dose to the thyroid	Dose to the hands	Dose to the legs	Effective dose	C or S
1 écran pano	5 to 20 times	5 to 20 times	No effect	No effect	No data	C all but 3, 7
2 bavolet	No effect	No effect	No effect	5 to 20 times	Very few	C all but 7
3 lunettes Pb	7 to 100 times	No effect	No effect	No effect	No effect	C all but 1,7
4 pro. Thyroïde	No effect	50 times	No effect	No effect	No effect	C all but 7
5 tablier Pb	No effect	No effect	No effect	few	> 10 times	C all but 7
6 gants Pb	No effect	No effect	< 2 times	No effect	No effect	C all
7 cabine	> 10 times	>10 times	No effect	>10 times	>10 times	S all but 6

ALARA à la co

* Do not allow to protect other workers than the Interventional Cardiologist