

3eme Colloque International des anciens du
Département de Radiothérapie de l'IGR
15 octobre 2014

RT adaptative



R. de Crevoisier

Radiothérapie adaptative (ART)

RT guidée par la dose
(DGRT)

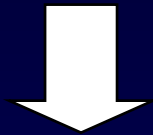
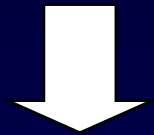
RT guidée par l'image (IGRT)

Recalage élastique



Strategies to compensate for anatomical variations

Displacements



**POPULATION
based strategies**

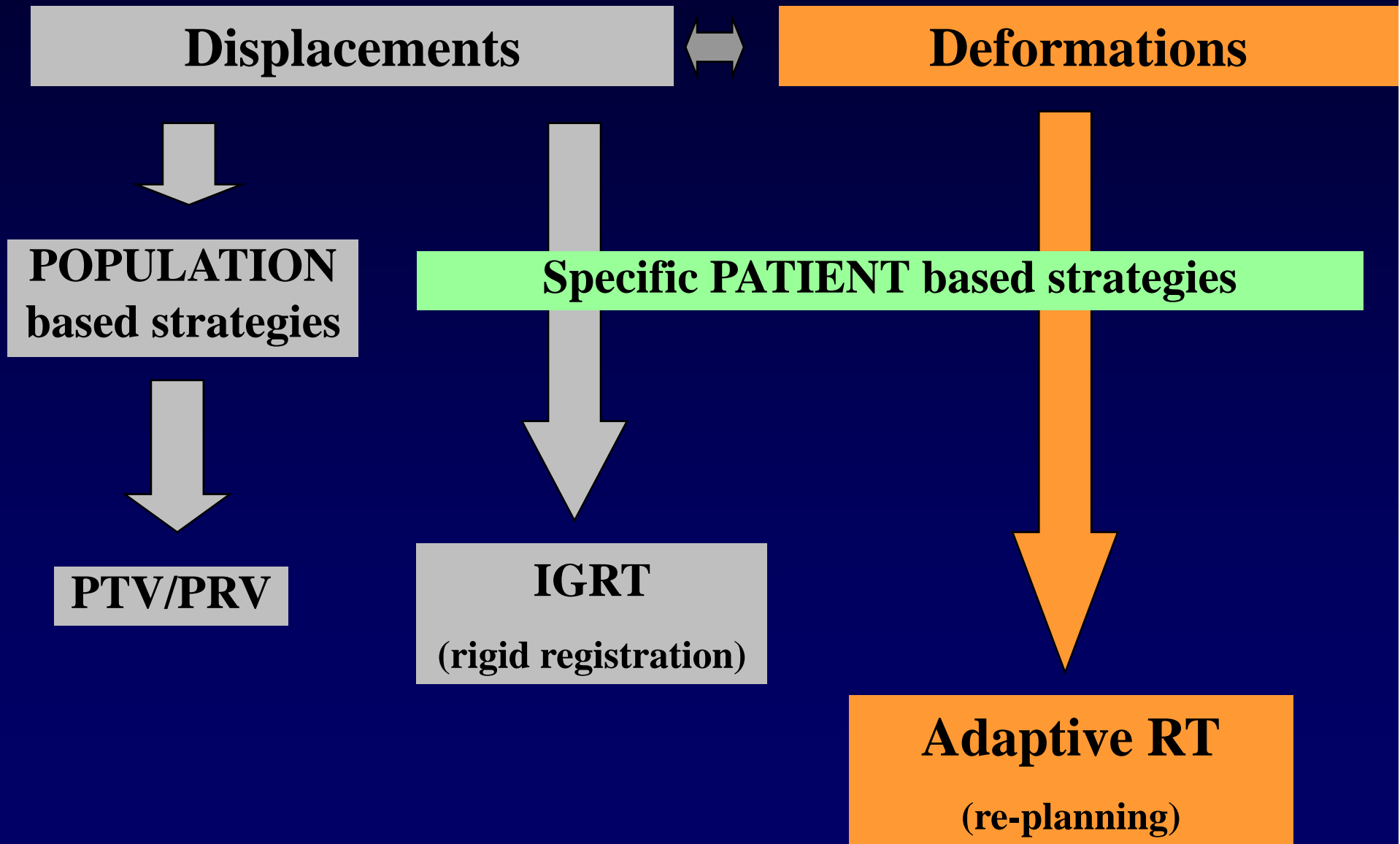
**Specific PATIENT
based strategies**



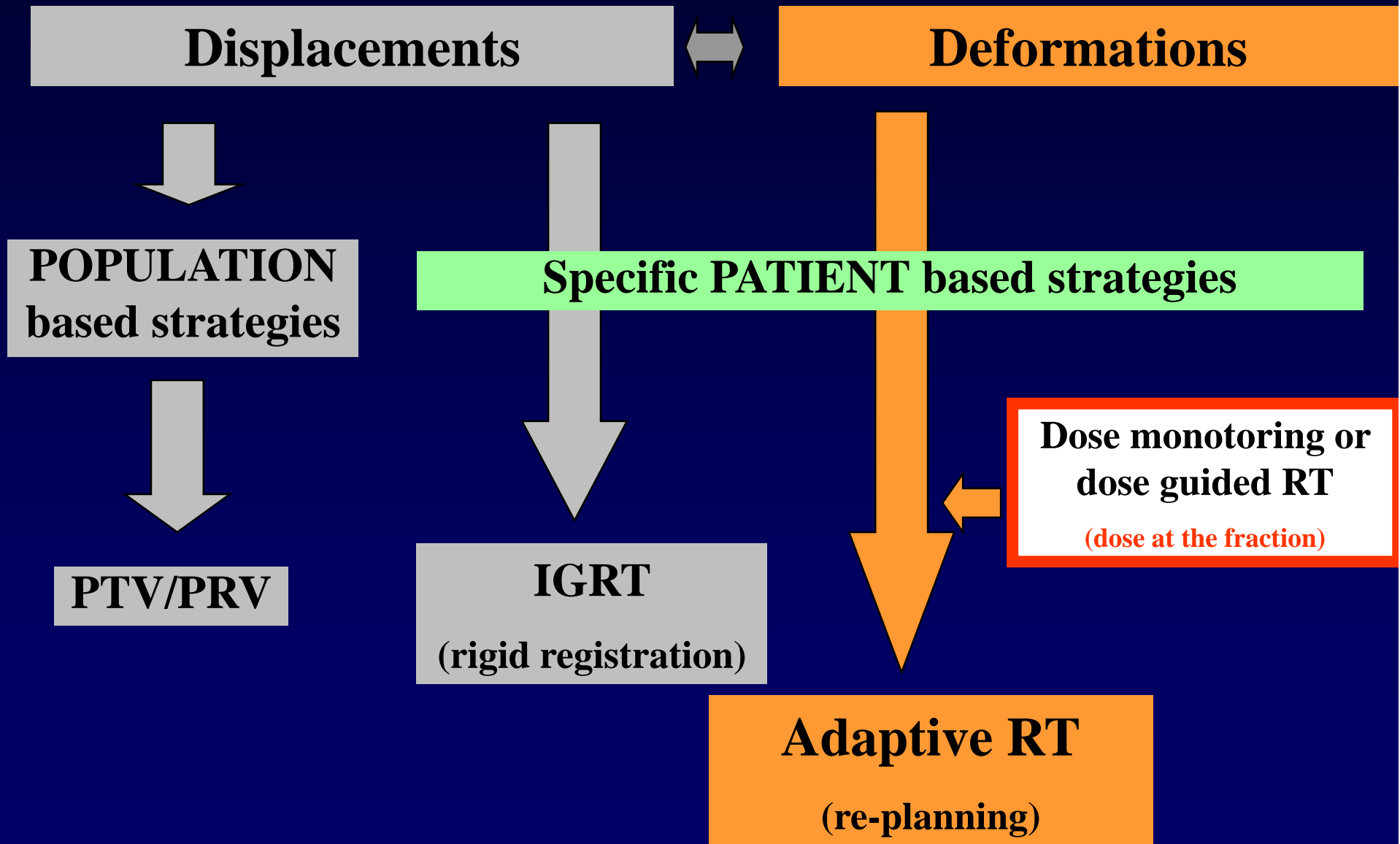
PTV/PRV

**IGRT
(rigid registration)**

Strategies to compensate for anatomical variations



Strategies to compensate for anatomical variations



Plan

1. Monitoring de la dose cumulée délivrée en cours de RT: radiothérapie guidée par la dose et recalage élastique

- Estimation de la dose à la séance
- Estimation de la dose cumulée
 - Dans la vessie et le rectum en cas de RT prostatique
 - Dans les parotides en cas de RT ORL
- Evaluation du recalage élastique
 - Point de références
 - Fantôme numérique déformable

2. Stratégies de RT adaptative (replanifications)

- Replanification « off-line » (ORL)
- Replanifications mixte (on/off-line) (uterus)

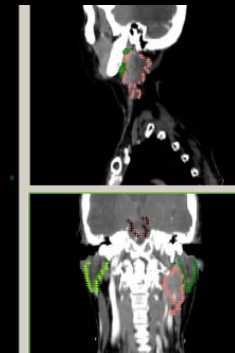
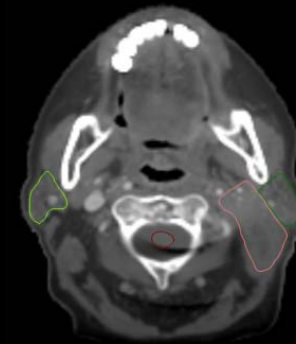
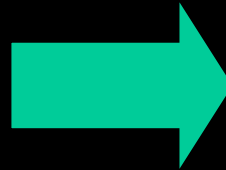
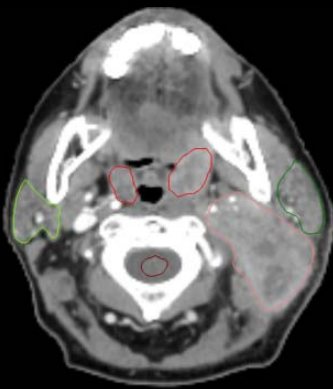
Dose guided RT (at the fraction)

delineation

Planning CT

Contour
propagation

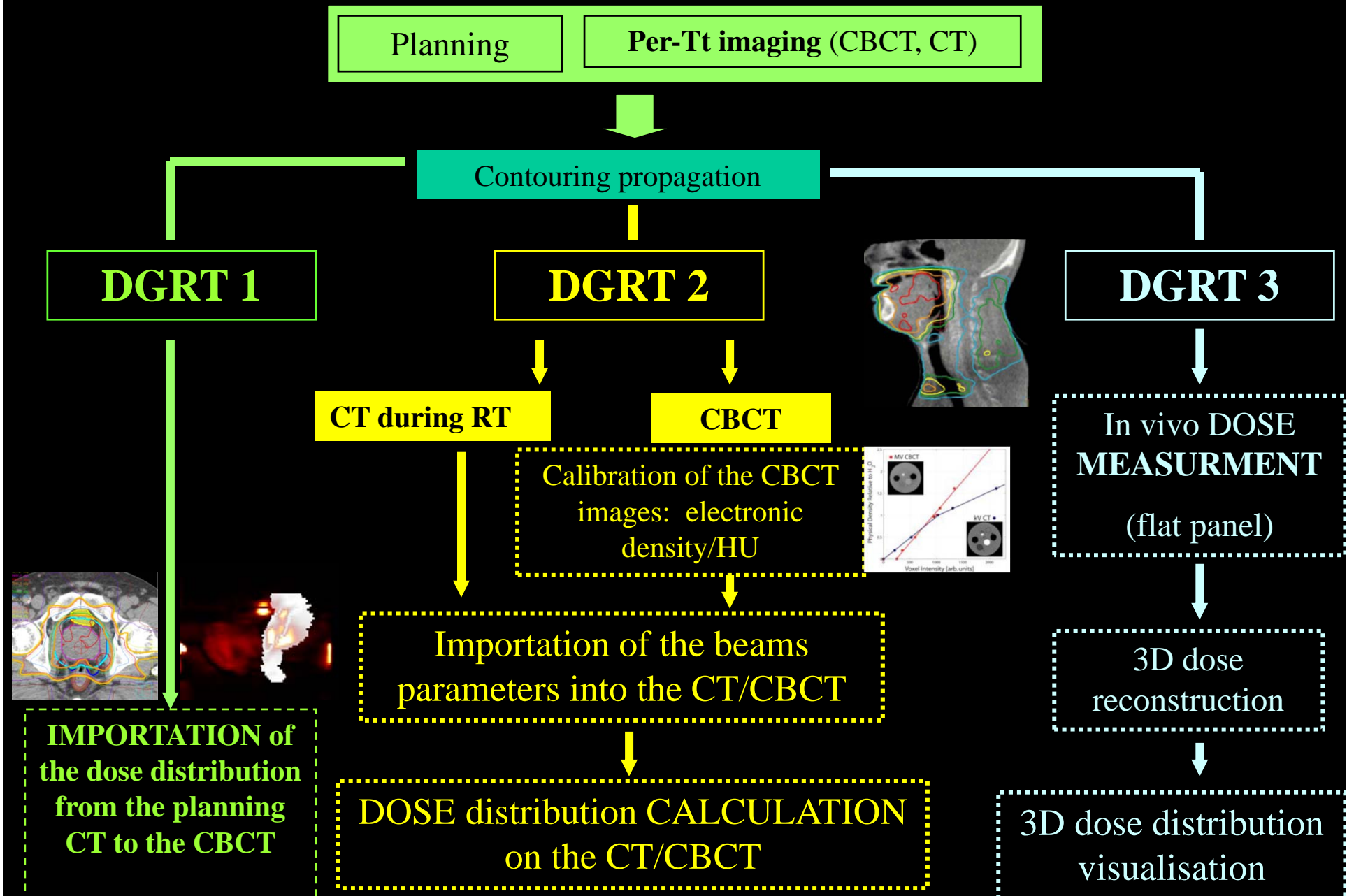
Per-Tt imaging (CBCT, CT)



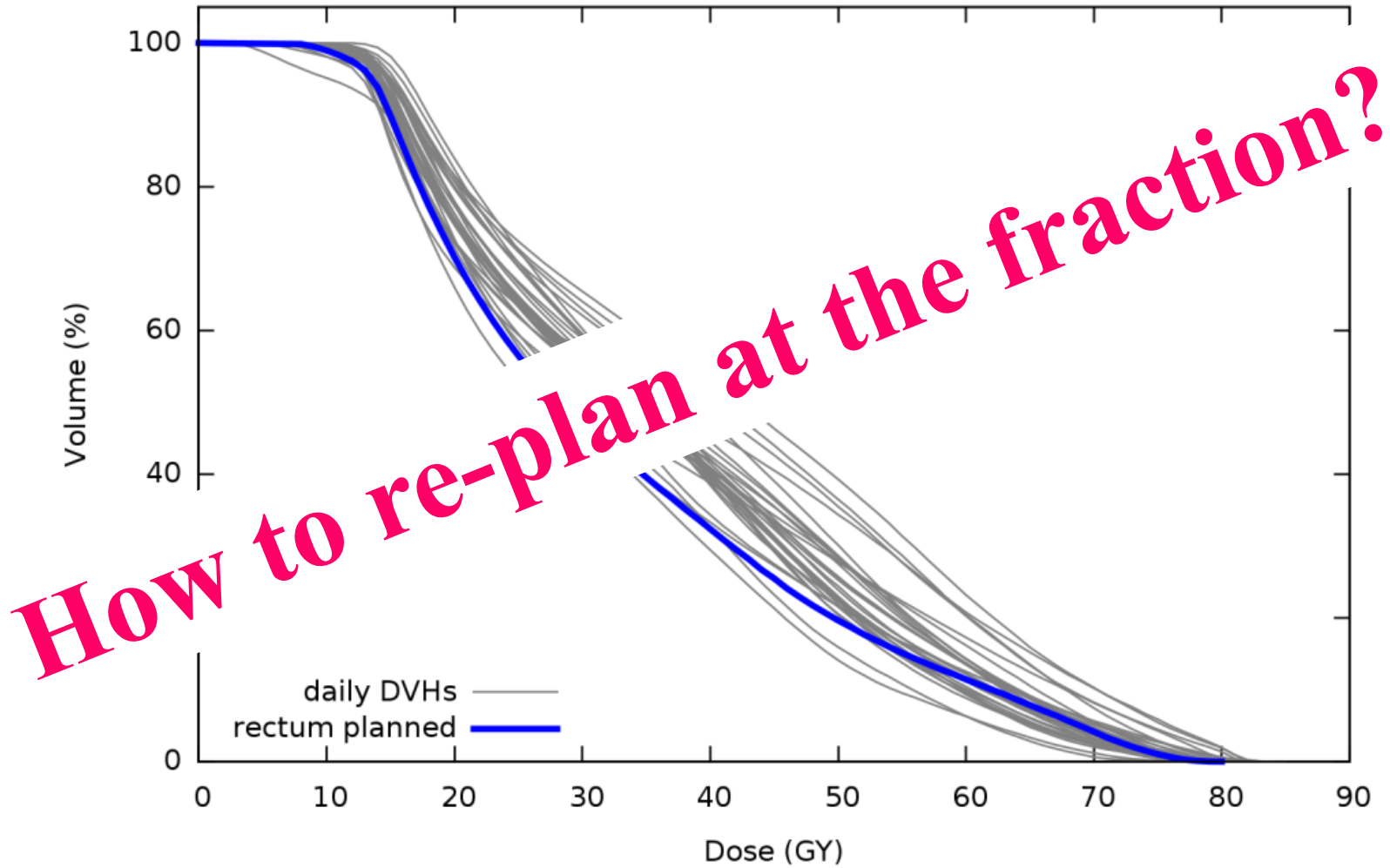
Semi-automatic method

(elastic registration/human validation)

Dose guided RT (at the fraction)



DVH at the fraction



Not realistic to re-plan “online” at the fraction



Need for:

- **CUMULATING** the dose fraction after fraction
- **COMPARISON** with the planned dose
- **DECIDING** (or not) to re-plan

Strategies to compensate for anatomical variations

Displacements



Deformations

**POPULATION
based strategies**

**Specific PATIENT
based strategies**

PTV/PRV

IGRT
(rigid registration)

**Dose monitoring or
dose guided RT**
(cumulated dose)

Adaptive RT
(re-planning: on/off-line)

Plan

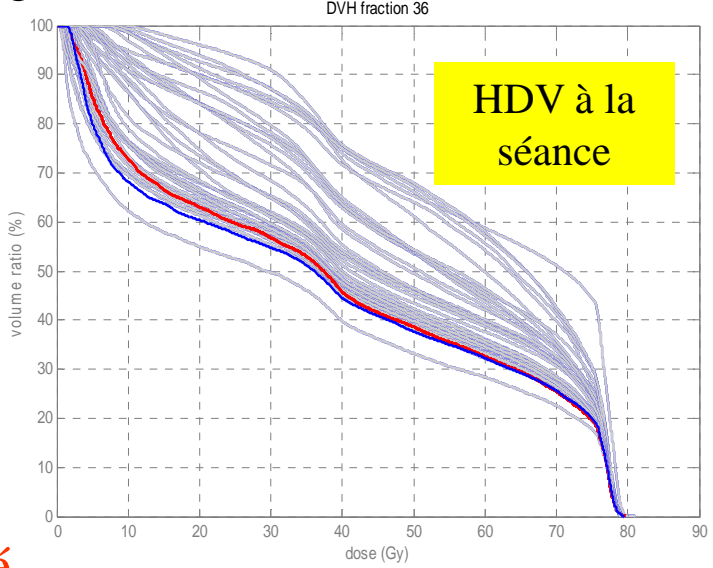
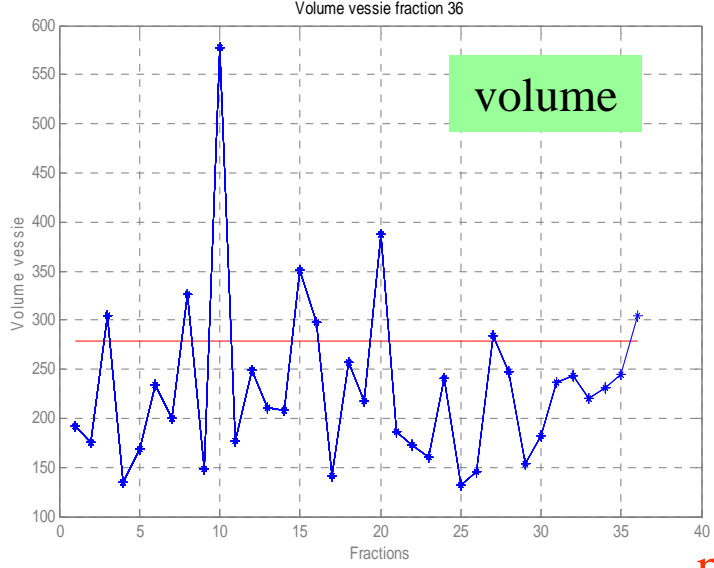
1. Monitoring de la dose cumulée délivrée en cours de RT: radiothérapie guidée par la dose et recalage élastique

- Estimation de la dose à la séance
- Estimation de la dose cumulée
 - Dans la vessie et le rectum en cas de RT prostatique
 - Dans les parotides en cas de RT ORL
- Evaluation du recalage élastique
 - Point de références
 - Fantôme numérique déformable

2. Stratégies de RT adaptative (replanifications)

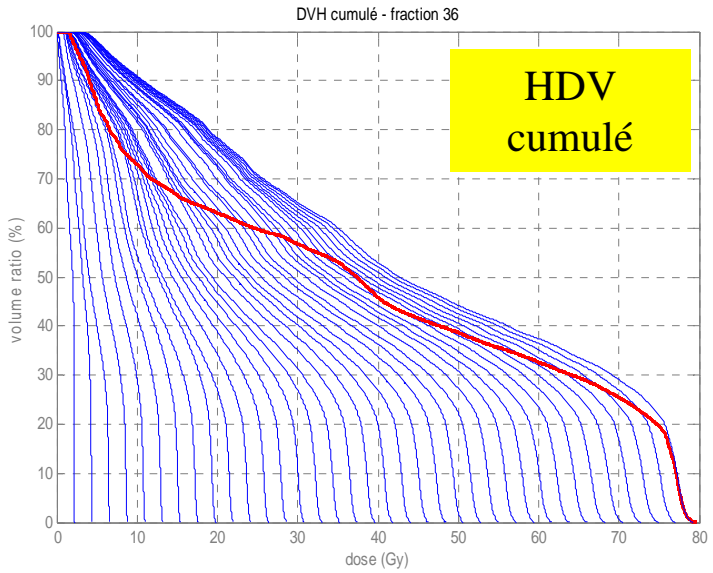
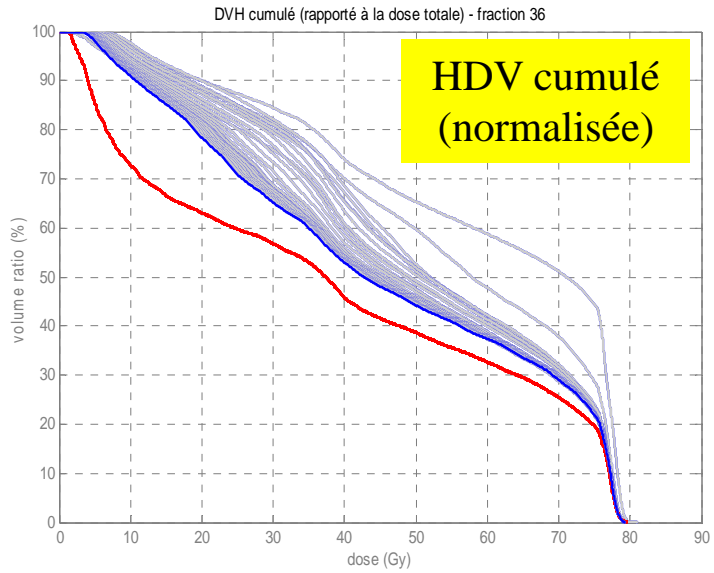
- Replanification « off-line » (ORL)
- Replanifications mixte (on/off-line) (uterus)

Vessie

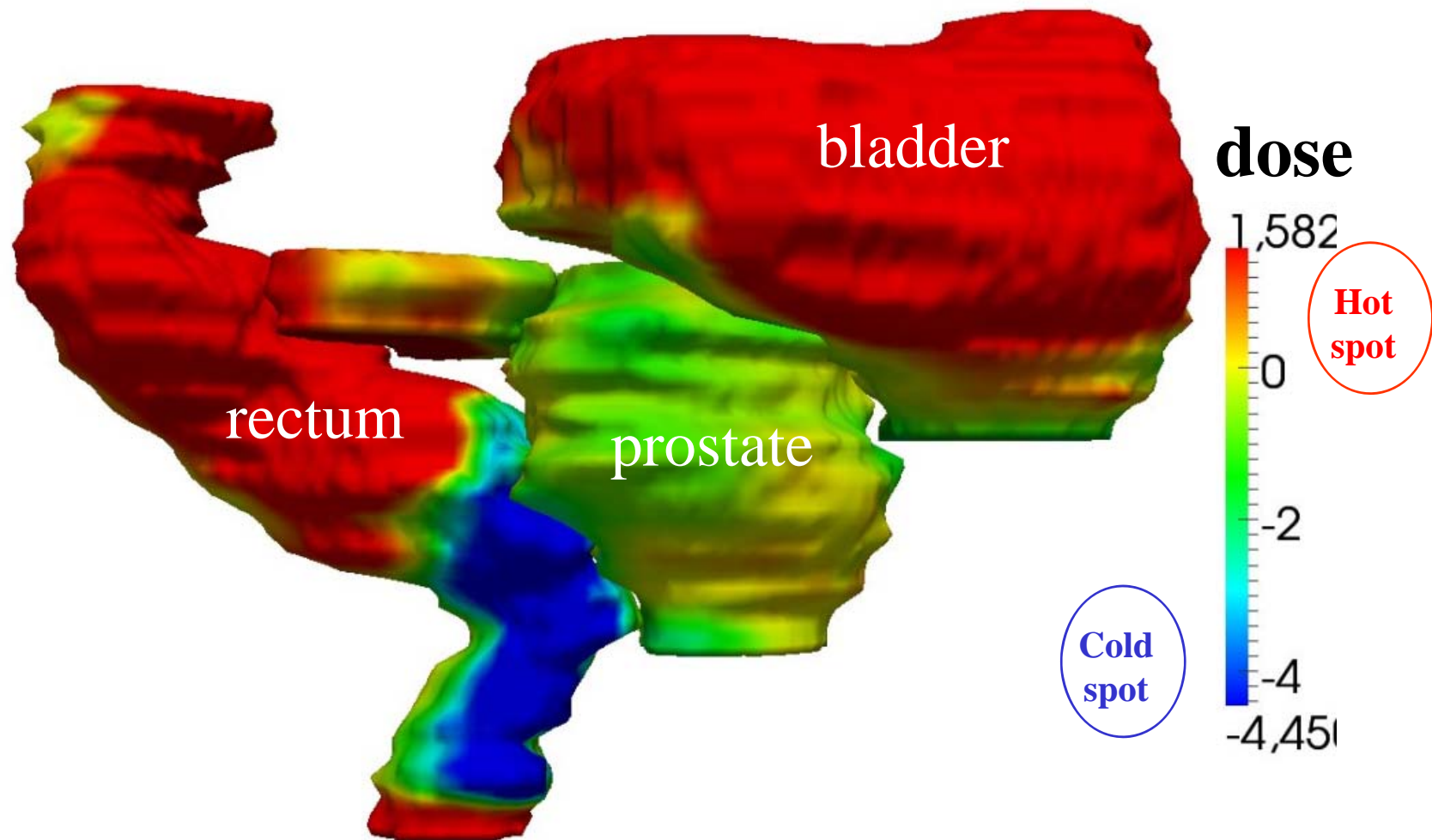


planifié

délivré



Overdose volume (on the planning CT): “Planned” *minus* “Cumulative” doses



Exemple

28 pts ayant eu une RCMi (78 Gy) avec IGRT (CBCT)

**→ dose finalement reçue par la vessie et le rectum /
dose initialement planifiée ?**

Vessie (28 pts avec CBCT hebdomadaire)

Différences entre doses cumulée-planifiée (DD)

			RTOG/QUANTEC points (full bladder)				
			<u>V65(%)</u>	<u>V70(%)</u>	<u>V75(%)</u>	<u>V80(%)</u>	<u>Dmean(Gy)</u>
Patient study	<u>PD_{pts}</u>	mean	33.7	29.1	23.0	5.8	45.9
		(min-max)	(8.9;96.7)	(7.2;89.2)	(5.4;75.5)	(0.2;17.0)	(22.8;76.5)
	mean	0.5	-0.6	-2.0	-1.9	2.5	
	<u>DD_{pts}</u>	SD	7.8	6.7	5.2	2.4	7.5
	(min-max)	(-21.9;15.9)	(-23.5;10.1)	(-22.7;5.0)	(-9.8;2.8)	(-19.8;20.2)	

Planned dose distribution (PD), dose difference (DD), and dose accumulation uncertainty

(DAU) for the RTOG/QUANTEC reference bladder DVH points.

Rectum (28 pts avec CBCT hebdomadaire)

Différences entre doses cumulée-planifiée (DD)

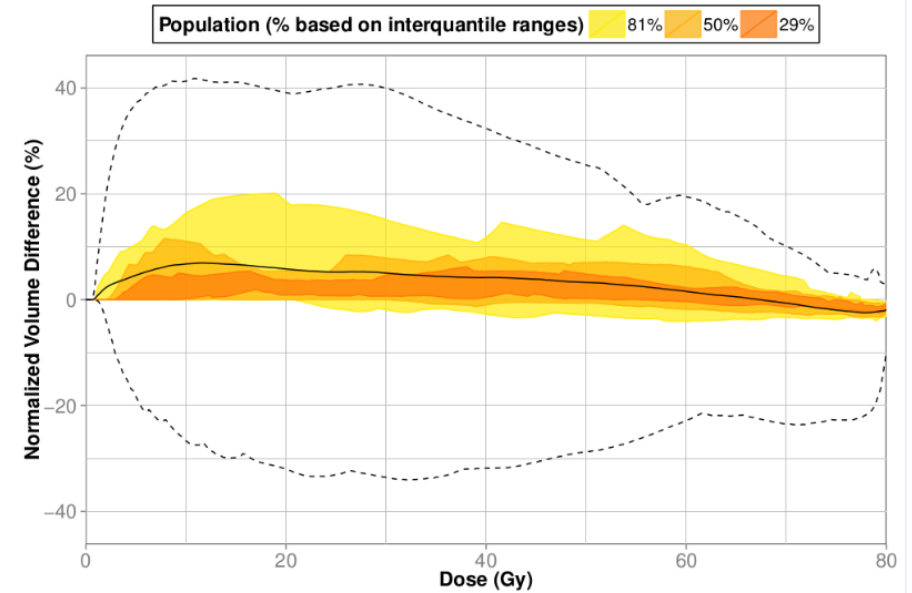
			RTOG/QUANTEC points (full rectum)				
			<u>V60(%)</u>	<u>V65(%)</u>	<u>V70(%)</u>	<u>V75(%)</u>	<u>Dmean(Gy)</u>
Patient study	<u>PD</u> _{pts}	<u>mean</u>	21.1	16.3	11.5	5.0	41.8
		<u>(min-max)</u>	(10.0;63.0)	(7.1;48.1)	(4.5;33.6)	(1.8;13.6)	(32.9;61.3)
	<u>DD</u> _{pts}	<u>mean</u>	-2.8	-3.6	-4.0	-2.8	0.0
		<u>SD</u>	6.1	5.5	4.5	2.6	2.4
		<u>(min-max)</u>	(-13.1;13.4)	(-16.6;8.2)	(-17.7;5.5)	(-11.5;4.3)	(-4.8;4.9)

Planned dose distribution (PD), dose difference (DD), and dose accumulation uncertainty (DAU) for the RTOG/QUANTEC reference rectum DVH points.

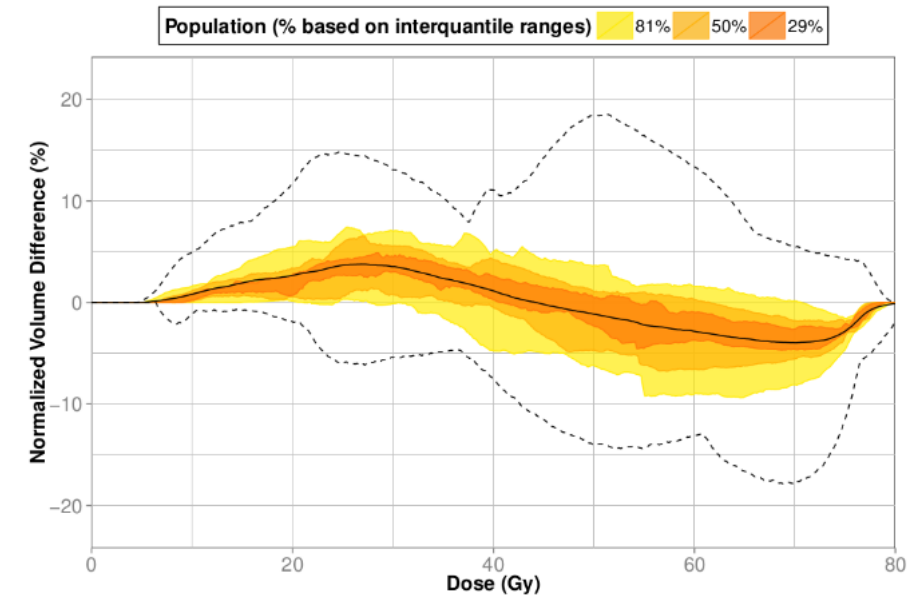
28 pts avec cancer de prostate ayant un CBC
Thebdomadaire:

Différences HDV, doses:
cumulée-planifiée

Bladder dose difference (DD_{pts}) between estimated cumulated and planned doses (patients)



Rectum dose difference (DD_{pts}) between estimated cumulated and planned doses (patients)

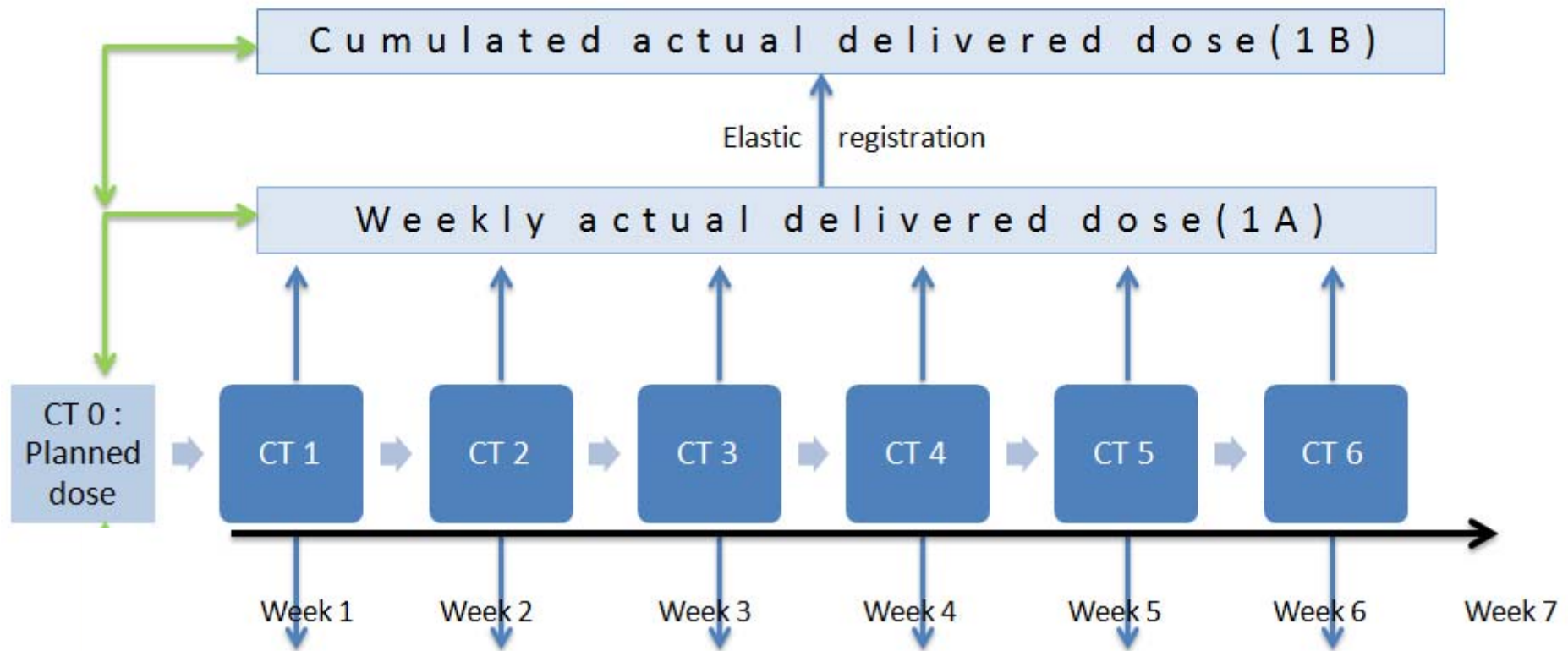


Plan

1. **Justifications de l'IGRT et de la RT adaptative**
2. **Monitoring de la dose cumulée délivrée en cours de RT: radiothérapie guidée par la dose et recalage élastique**
 - Estimation de la dose à la séance
 - Estimation de la dose cumulée
 - Dans la vessie et le rectum en cas de RT prostatique
 - Dans les parotides en cas de RT ORL
 - Evaluation du recalage élastique
 - Point de références
 - Fantôme numérique déformable
3. **Stratégies de RT adaptative (replanifications)**
 - Replanification « off-line » (ORL)
 - Replanifications mixte (on/off-line) (uterus)

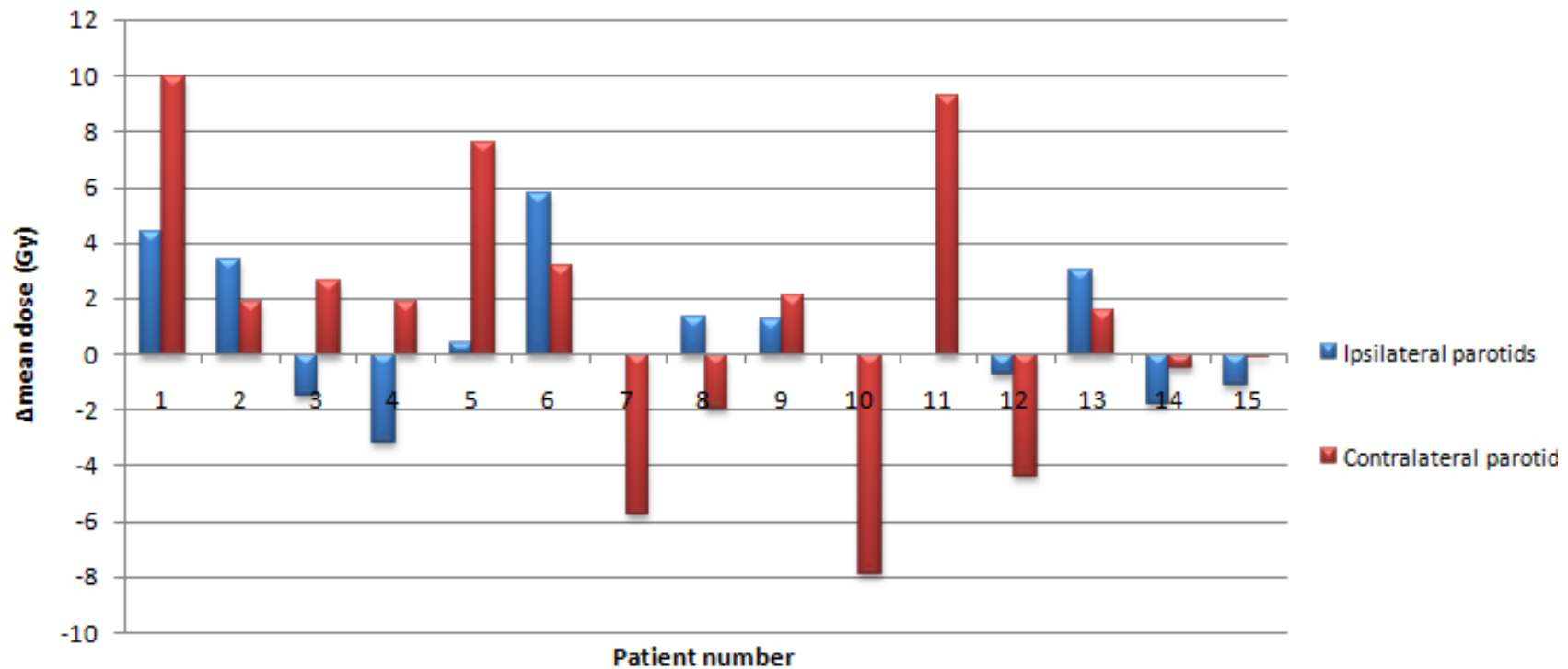
Dose cumulée dans les parotides ?

A partir de 15 pts ORL ayant un scanner hebdomadaire



Dose cumulée dans les parotides (15 pts ORL)

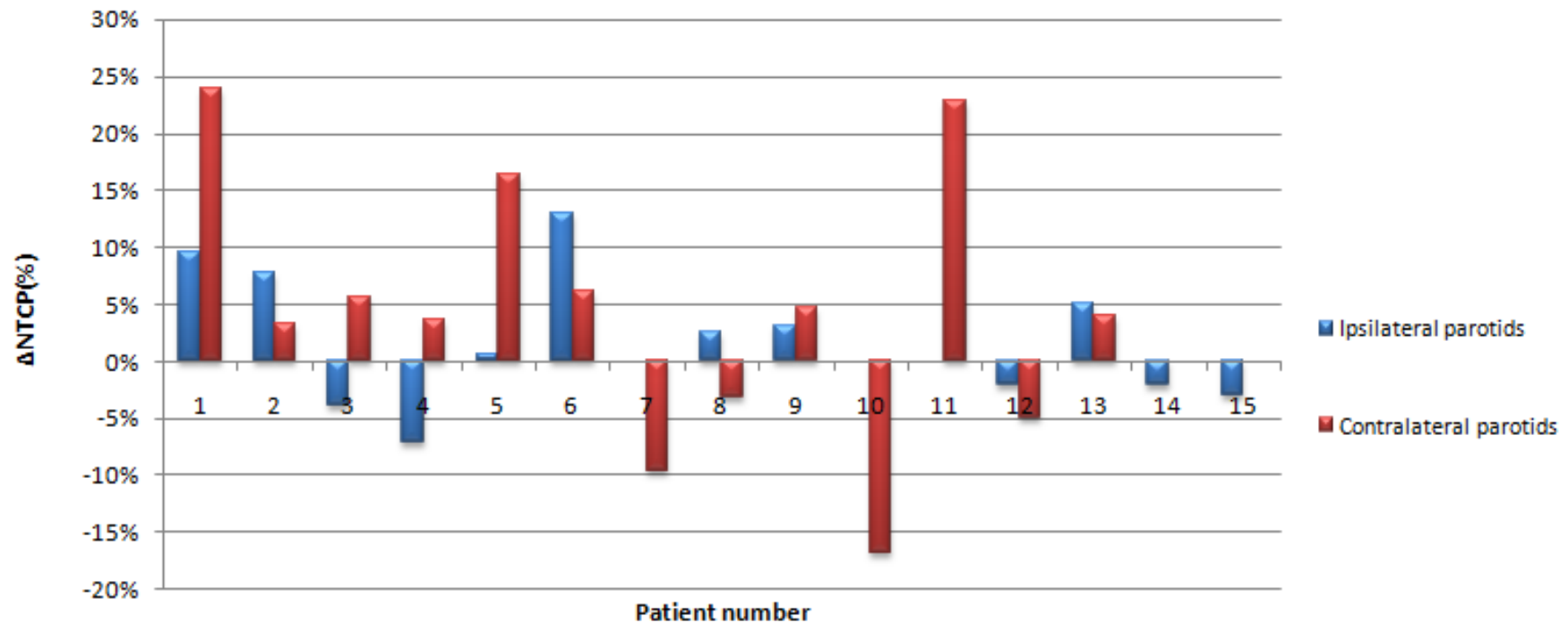
→ Différences doses cumulée et planifiée ?



Surdosage des parotides

Dose cumulée dans les parotides (15 pts ORL)

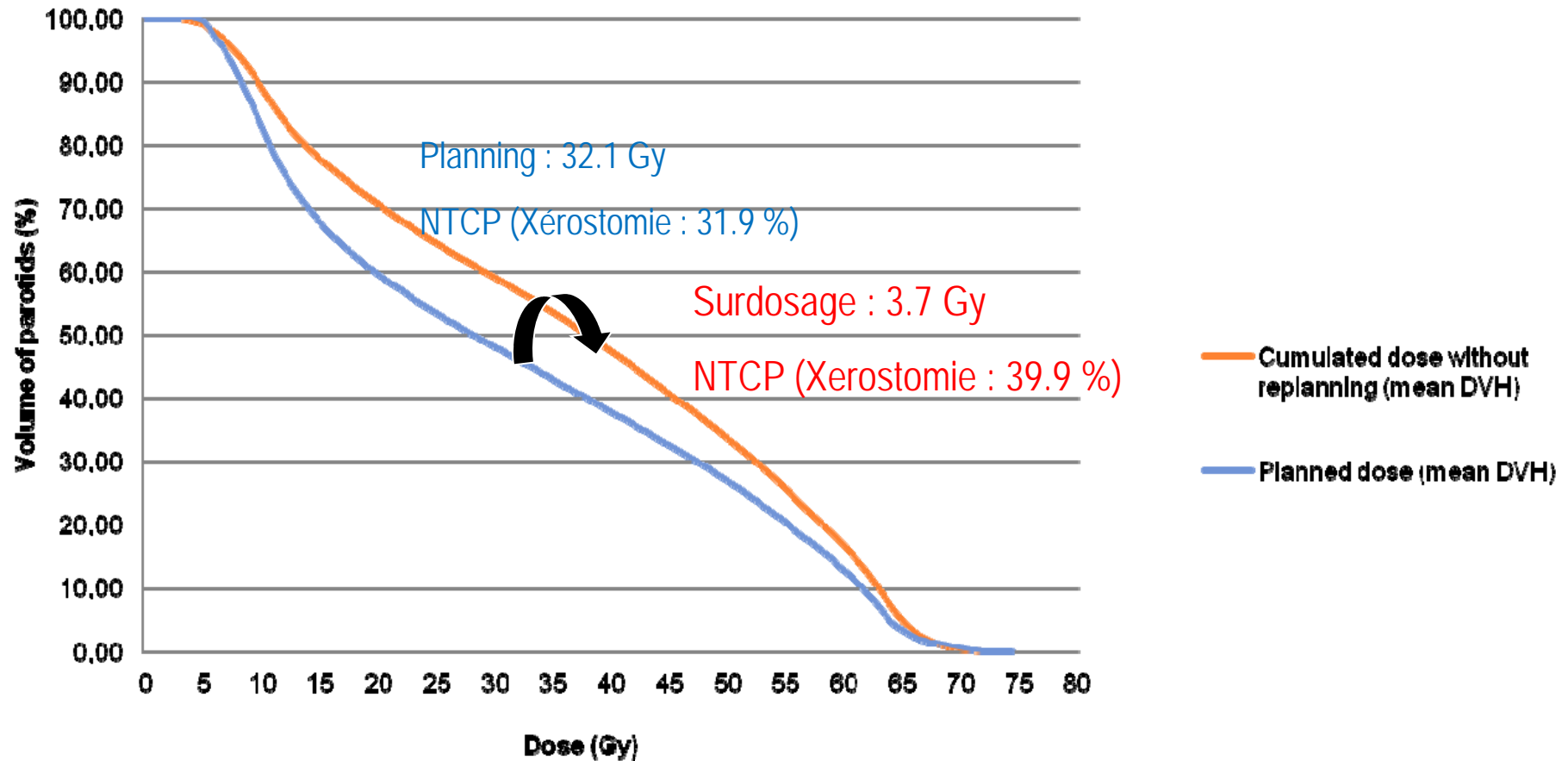
→ Différences de toxicité prédite (NTCP) ?

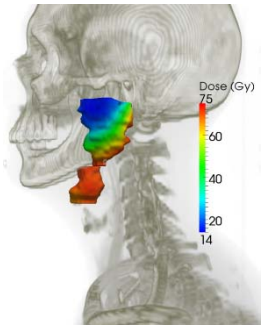


Augmentation du risque de xerostomie

Etude de la dose reçue par les parotides (15 pts ORL)

→ doses: planifiée et cumulées sans replanifications

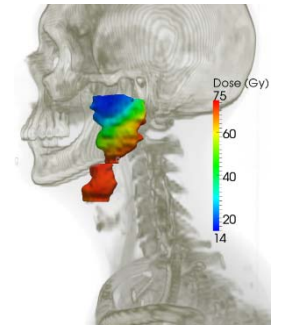




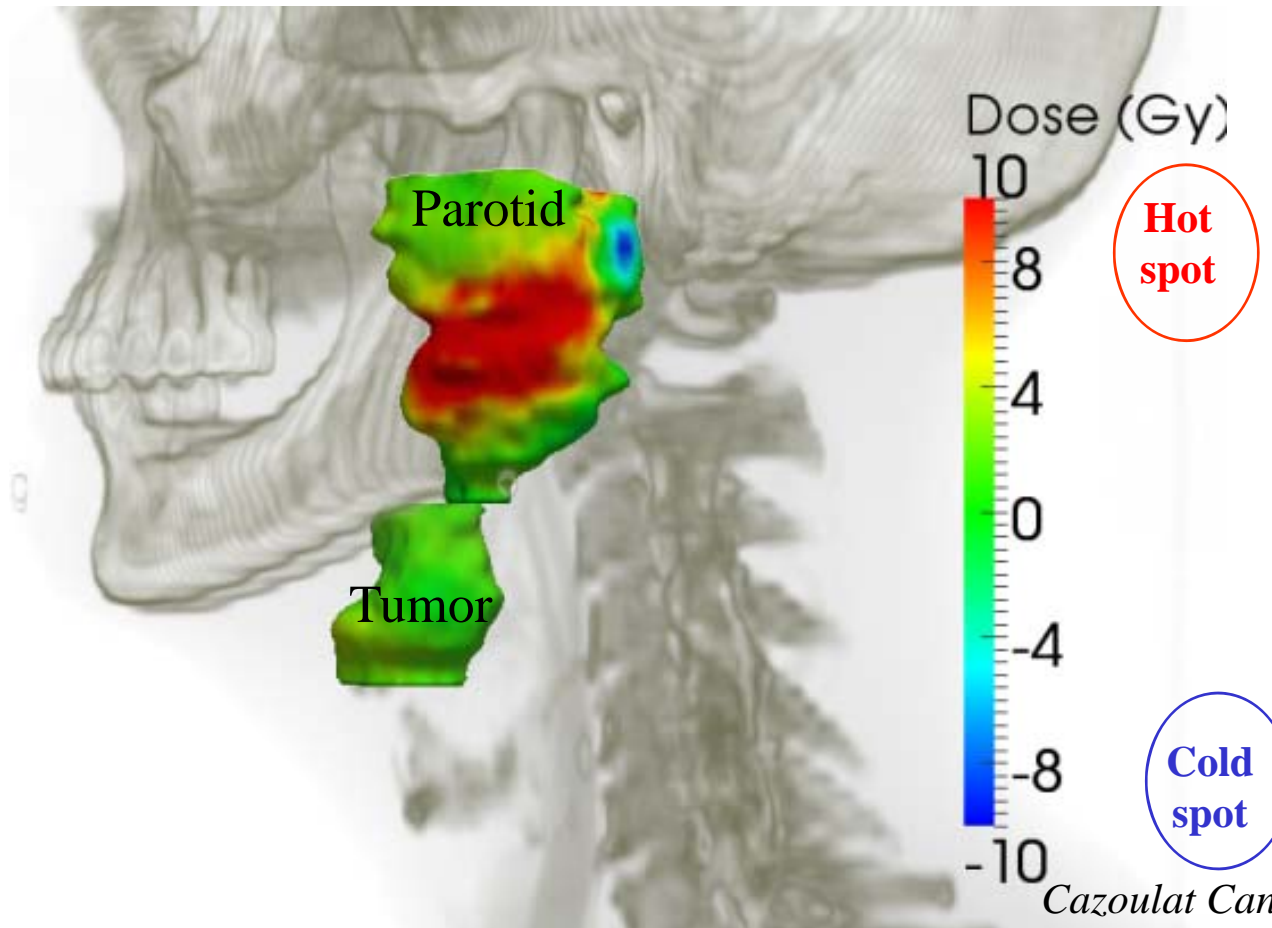
Planning dose

Overdose in the parotid gland

Planned-minus “Cumulative” doses



“Cumulative” dose



Plan

1. **Justifications de l'IGRT et de la RT adaptative**
2. **Monitoring de la dose cumulée délivrée en cours de RT: radiothérapie guidée par la dose et recalage élastique**
 - Estimation de la dose à la séance
 - Estimation de la dose cumulée
 - Dans la vessie et le rectum en cas de RT prostatique
 - Dans les parotides en cas de RT ORL
 - Evaluation du recalage élastique
 - Point de références
 - Fantôme numérique déformable
3. **Stratégies de RT adaptative (replanifications)**
 - Replanification « off-line » (ORL)
 - Replanifications mixte (on/off-line) (uterus)



Deformable image registration (be prudent)

2 applications:

- Useful for **contour propagation**
 - To win time (head and neck)
 - Can and need to be visually checked
 - May be relevant in cervix at the time of BT (to propagate the contour of the pre-treatment MRI to the per-treatment MRI)
- Not yet validated to **cumulate the dose**



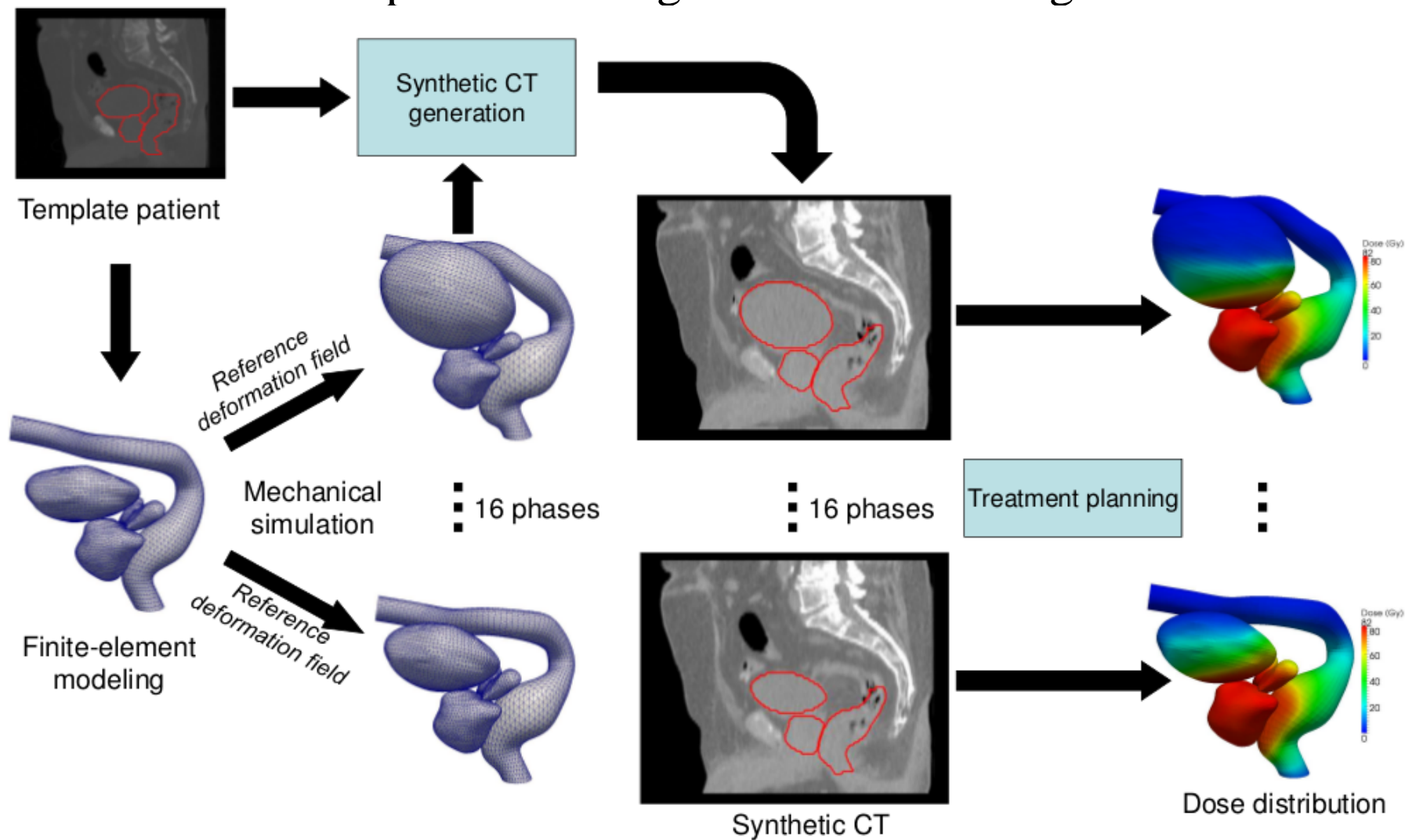
Need to validate the cumulative dose methods ! (be prudent)

- Accuracy of elastic registration (anatomical point to point correspondence) ?
- Not for the tumor (or in case of tissue disappearance)
- Registration of energy deposit per mass unit (Monte-Carlo calculation) and not straightly the dose (Gy) ?

Plan

1. **Justifications de l'IGRT et de la RT adaptative**
2. **Monitoring de la dose cumulée délivrée en cours de RT: radiothérapie guidée par la dose et recalage élastique**
 - Estimation de la dose à la séance
 - Estimation de la dose cumulée
 - Dans la vessie et le rectum en cas de RT prostatique
 - Dans les parotides en cas de RT ORL
 - Evaluation du recalage élastique
 - Dice score et points de référence
 - Fantôme numérique déformable
3. **Stratégies de RT adaptative (replanifications)**
 - Replanification « off-line » (ORL)
 - Replanifications mixte (on/off-line) (uterus)

Evaluation de la précision de l'algorithme de recalage élastique par un **fantôme numérique pelvien** simulant des déformations mécaniques (16 phases) donc déformations connues (vérité terrain) comparée à des algorithmes de recalage



Evaluation de la précision de l'algorithme de recalage élastique par un fantôme numérique pelvien simulant des déformations mécaniques connues

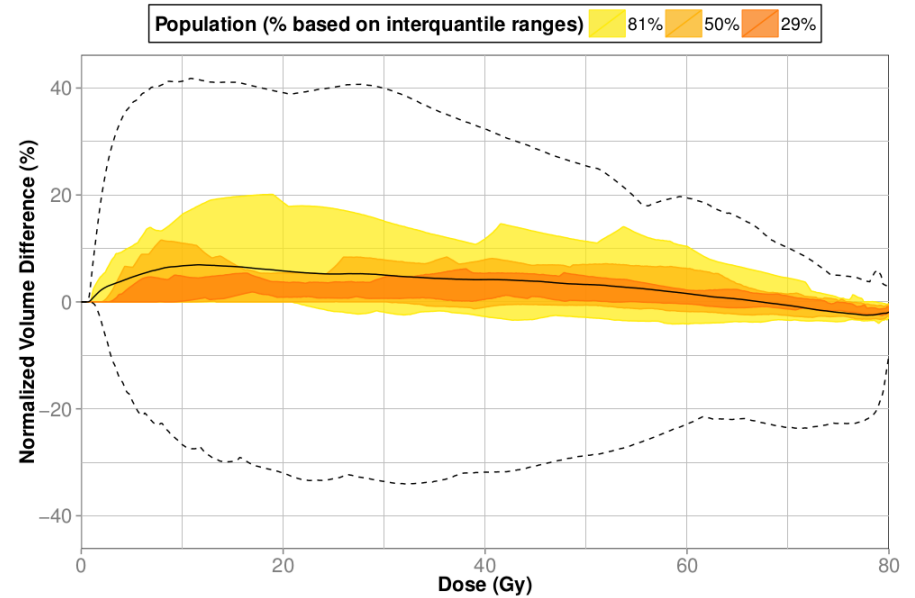
			RTOG/QUANTEC points (full bladder)				
			<u>V65(%)</u>	<u>V70(%)</u>	<u>V75(%)</u>	<u>V80(%)</u>	<u>Dmean(Gy)</u>
Patient study	<u>PD_{pts}</u>	mean	33.7	29.1	23.0	5.8	45.9
		<u>(min-max)</u>	(8.9;96.7)	(7.2;89.2)	(5.4;75.5)	(0.2;17.0)	(22.8;76.5)
	<u>DD_{pts}</u>	mean	0.5	-0.6	-2.0	-1.9	2.5
		SD	7.8	6.7	5.2	2.4	7.5
	<u>(min-max)</u>	(-21.9;15.9)	(-23.5;10.1)	(-22.7;5.0)	(-9.8;2.8)	(-19.8;20.2)	
Phantom study	<u>PD_{ph}</u>	mean	15.9	11.8	7.7	2.0	31.6
		<u>(min-max)</u>	(8.0;26.3)	(6.0;19.5)	(3.9;12.9)	(1.1;3.9)	(14.4;45.2)
	<u>DD_{ph}</u>	mean	-3.3	-2.8	-2.5	-1.2	0.04
		SD	7.8	6.0	4.4	1.3	10.0
		<u>(min-max)</u>	(-15.3;6.5)	(-12.1;4.8)	(-9.6;3.4)	(-3.3;0.6)	(-15.2;16.7)
<u>DAU_{ph}</u>	SD	2.8	2.3	1.9	0.63	1.3	
	<u>(min-max)</u>	(-6.2;3.5)	(-4.9;2.6)	(-3.8;2.1)	(-1.1;1.1)	(-3.9;0.8)	

Différences entre doses cumulées générée par le fantôme et calculée par l'algorithme de recalage

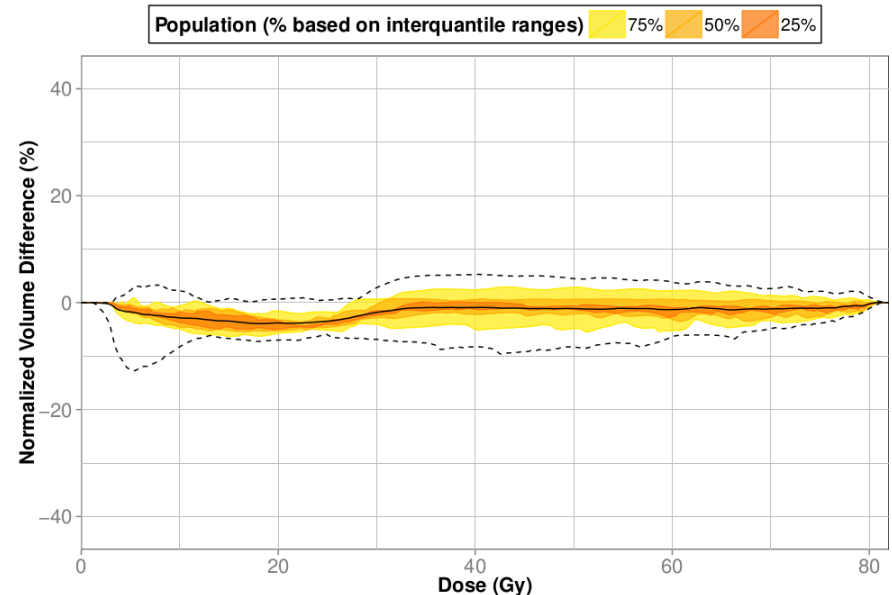
**Evaluation de la précision
de l'algorithme de recalage
élastique par un fantôme
numérique pelvien
simulant des déformations
mécaniques**

Différences entre doses cumulées
générée par le fantôme et calculée
par l'algorithme de recalage
(vessie)

a **Bladder** dose difference (DD_{pts}) between estimated cumulated and planned doses (patients)



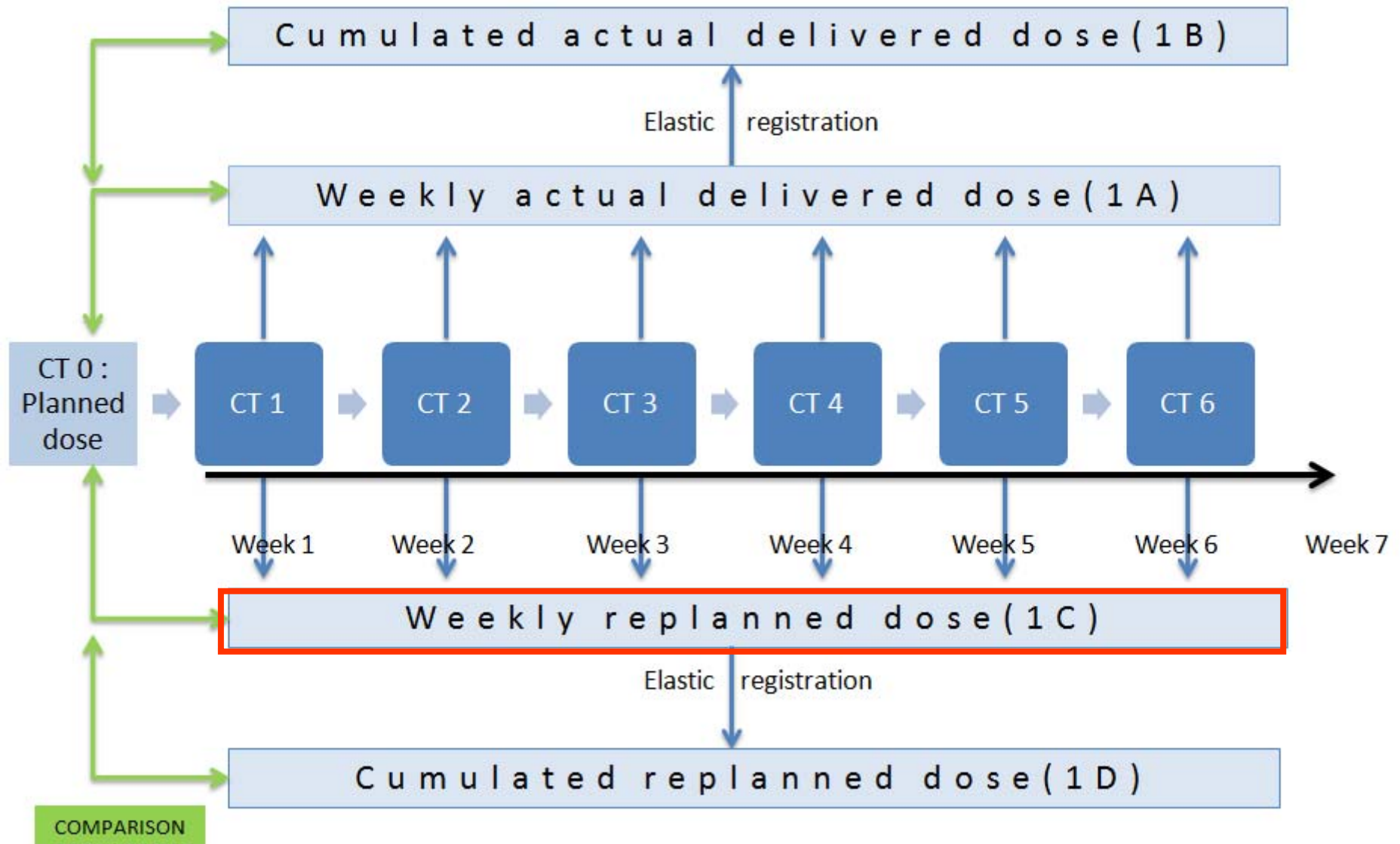
b **Bladder** dose accumulation uncertainty (DAU_{ph}) between estimated and reference cumulated doses (phantom)



Plan

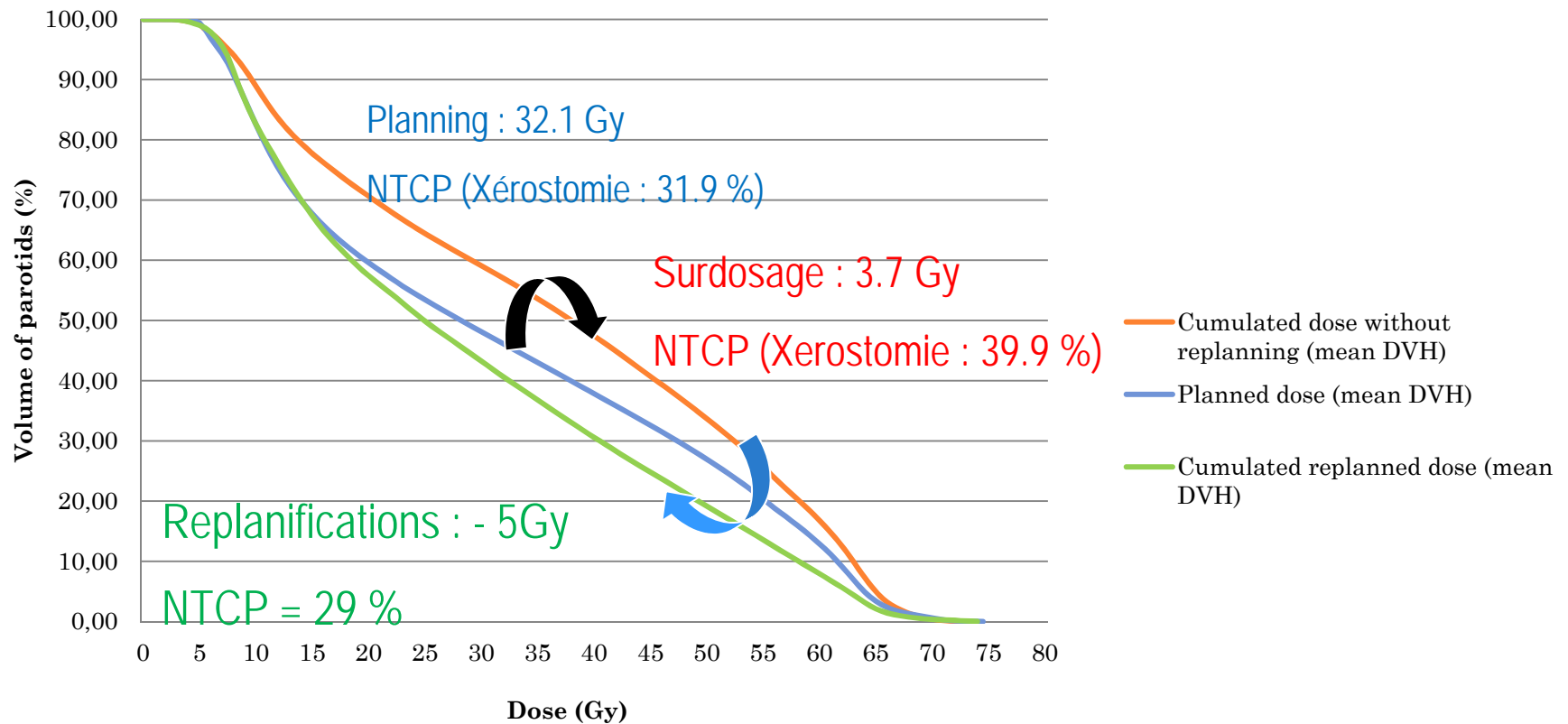
1. **Justifications de l'IGRT et de la RT adaptative**
2. **Monitoring de la dose cumulée délivrée en cours de RT: radiothérapie guidée par la dose et recalage élastique**
 - Estimation de la dose à la séance
 - Estimation de la dose cumulée
 - Dans la vessie et le rectum en cas de RT prostatique
 - Dans les parotides en cas de RT ORL
 - Evaluation du recalage élastique
 - Dice score et points de référence
 - Fantôme numérique déformable
3. **Stratégies de RT adaptative (replanifications)**
 - Replanification « off-line » (ORL)
 - Replanifications mixte (on/off-line) (uterus)

Dose reçue par les parotides (15 pts ORL)



Dose reçue par les parotides (15 pts ORL)

→ doses: planifiée et cumulées sans et avec replanifications



BÉNÉFICE DE LA REPLANIFICATION hebdomadaire (différence entre replanifications hebdo et absence de replanification)

Dose

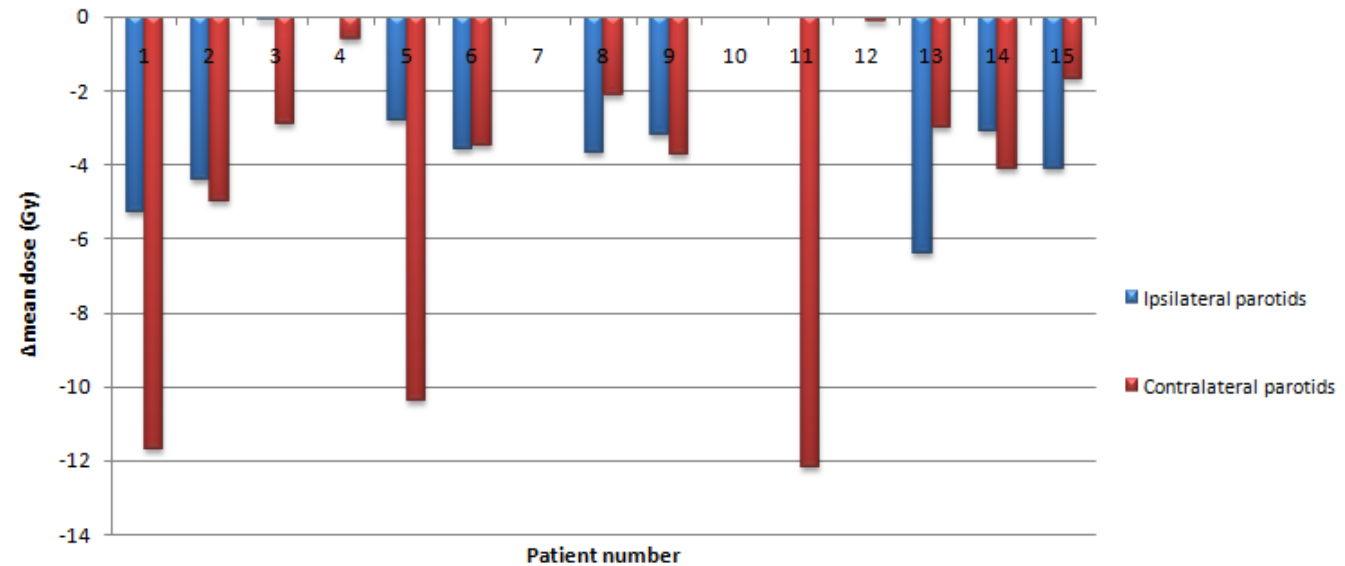
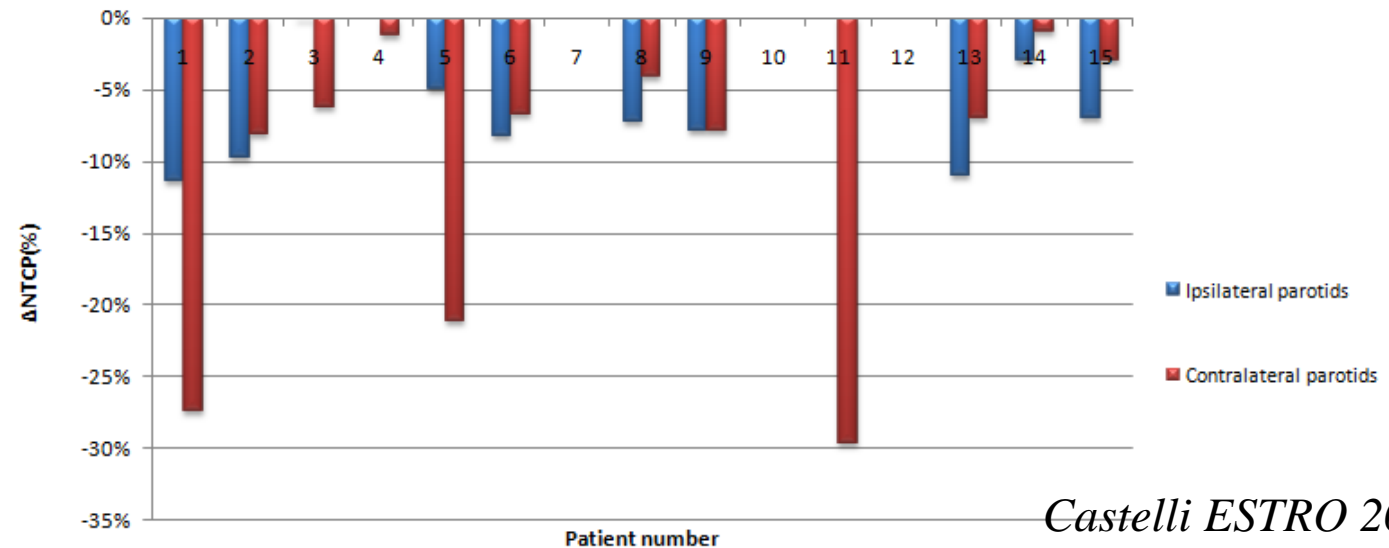


Fig. 7b

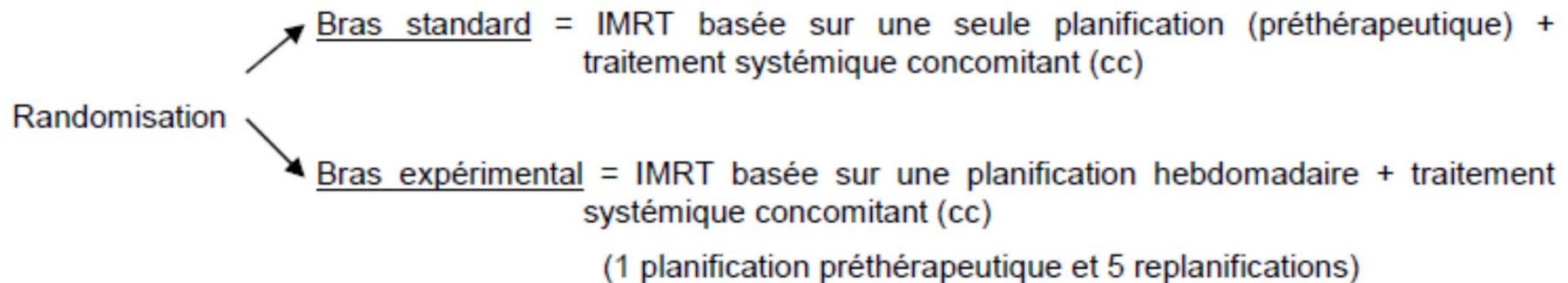
Xerostomie



→ études cliniques prospectives

→ Phase III ARTIX

Tumeurs localement avancées de l'oropharynx

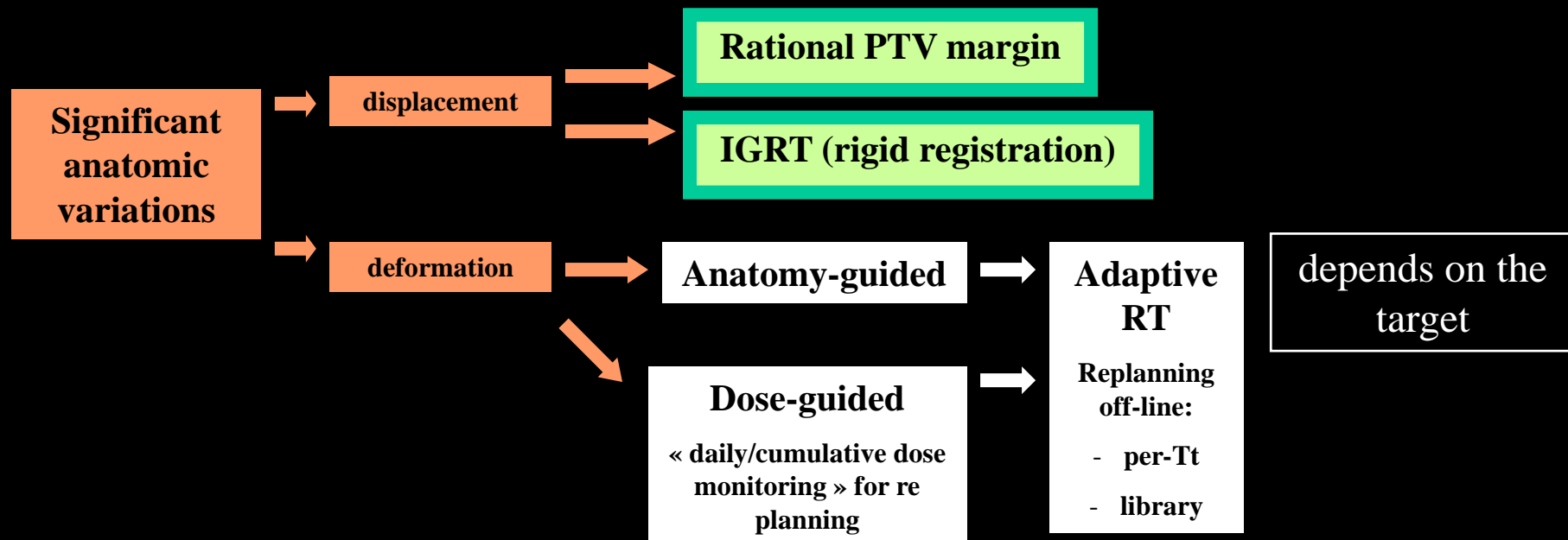


OBJECTIF = maintenir l'épargne des parotides durant la RCMI
comme prévue à la planification (et non pas diminuer le CTV)

Conclusions

Conclusions:

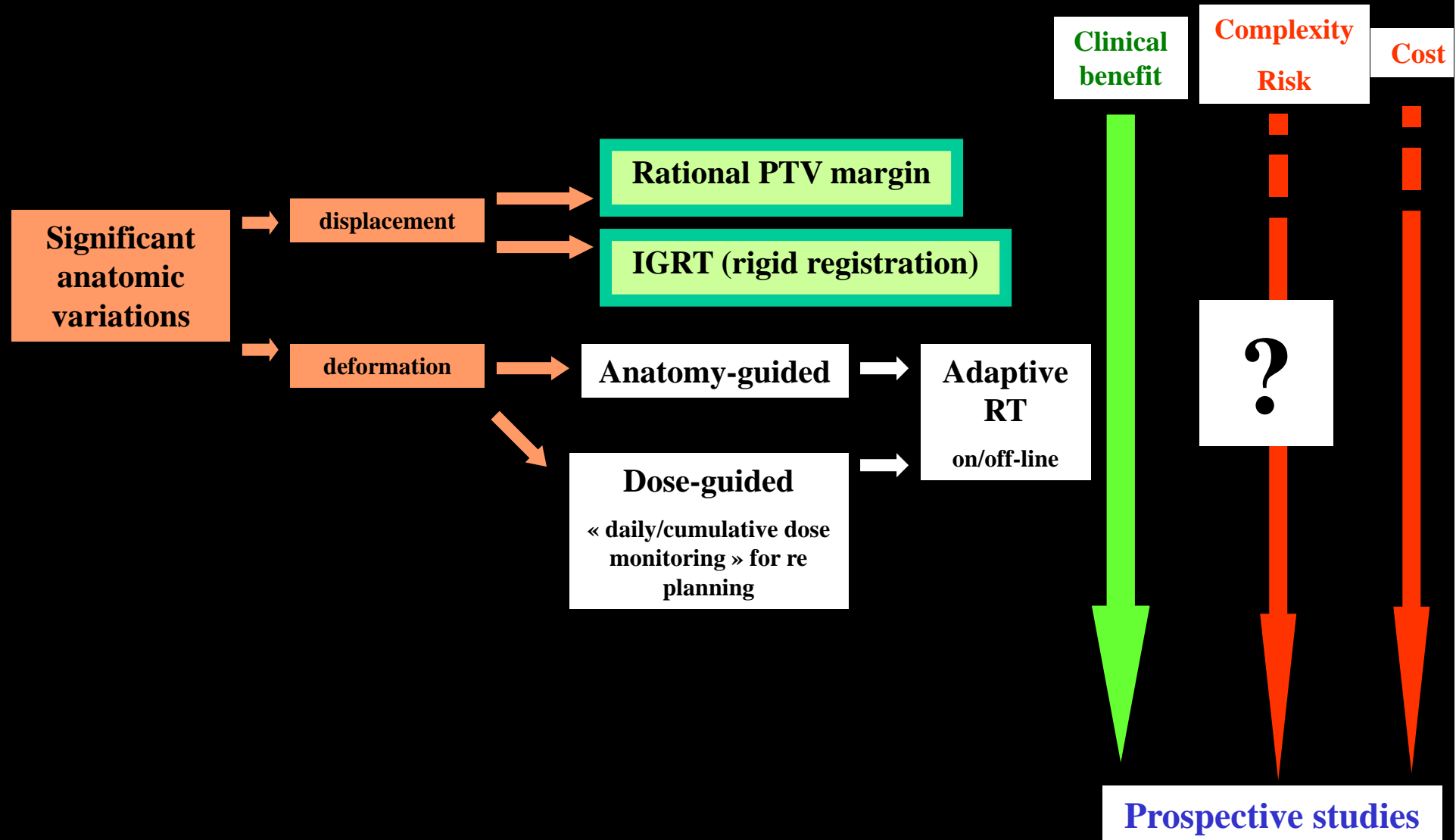
Management of anatomical variations



→ Deformable Image Registration:

Useful for contour propagation / Not yet validated for dose accumulation

Conclusions: management of anatomical variations



Thank you !



Belle Ile, Bretagne, France

