

Rapports ICRU

Evaluation physique & biologique des plans de traitement



Dr Frédéric Miéville,
physicien médical SSRPM

HESAV
29.10.2019

Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 1

Objectifs

- Savoir ce qu'est un rapport ICRU et connaître les volumes définis dans ces rapports
- Savoir comment se fait l'évaluation d'un plan de traitement et quels outils utiliser
- Connaître la différence entre métriques physiques, biologiques et physio-biologiques
- Connaître les différents représentations d'un DVH
- Savoir lire les métriques physiques sur un DVH



Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 2

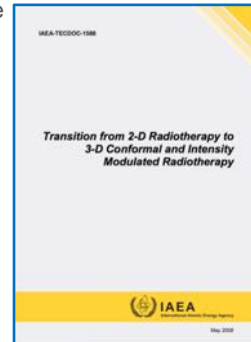
Plan du cours

- Rappel sur les volumes ICRU
- Outil permettant l'évaluation d'un plan de traitement (isodose, DVH)
- DVH et métriques physiques pour les OAR et PTV
- Les métriques biologiques
- *Equivalent uniform dose* (EUD): un concept intermédiaire
- Spécificité des plans IMRT/VMAT ?

Sources de cette presentation :



https://nucleus.iaea.org/HHW/RadiationOncology/Treatingpatients/Treatment_planning_and_techniques/Training_Course/



Outils permettant l'évaluation d'un plan de traitement



Rapports ICRU 50, 62 et 83

- ICRUs = *International Commission on Radiation Units and Measurements*
- Introduction de **concepts fondamentaux**: GTV, CTV, PTV, ITV, OAR, PRV, etc.
- Nécessaire pour pouvoir **comparer** le résultat des traitements (il faut parler un même langage)
- **Définitions de métriques** pour comparer les plans

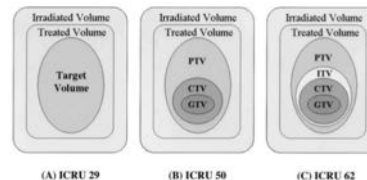


Rapports ICRU 50, 62 et 83

Attention !

- Les rapports ICRU ont évolué avec les techniques d'où l'introduction de niveau (*level*) de recommandations

- 2D : ICRU 29, 1978
- 2D/3D : ICRU 50, 1993
- 3D : ICRU 63, 1999 (complète l'ICRU 50)
- **IMRT/VMAT: ICRU 83, 2010**
- Stéréotaxie : ICRU 91, 2014



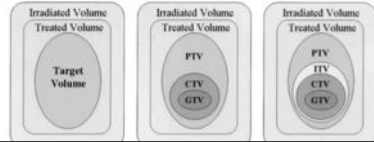
- **Ne définit pas** comment contourner (*guidelines* médicales)
 - Par exemple: dit qu'il faut contourner pour les organes parallèle l'entier de l'organe. Pour les organes sérielles au moins la partie qui reçoit la dose la plus haute
 - Pour les organes sériel, on devrait faire un PRV (moelle+5mm)
- **Ne définit pas** quelle dose et fractionnement donner (*guidelines* médicales)



Rapports ICRU 50, 62 et 83

Attention !

- Les rapports ICRU ont évolué avec les techniques d'où l'introduction de niveau (*level*) de recommandations
 - 2D : ICRU 29, 1978
 - 2D/3D : ICRU 50, 1993
 - 3D : ICRU 63, 1999 (complète l'ICRU 50)
 - IMRT/VMAT: ICRU 83, 2010



NCCN Practice Guidelines in Oncology - v.1.2005 Invasive Breast Cancer

LOCOREGIONAL TREATMENT OF CLINICAL STAGE I, IIA, OR IB DISEASE OR T3, N1, N2

Lumpectomy with surgical axillary staging (category 1) is preferred for patients with:

- ≥4 positive axillary nodes*
- 1-3 positive axillary nodes
- Negative axillary nodes

RT to whole breast with boost (by photobrachytherapy or electron beam) to the supraclavicular area (category 1). Consider RT to internal mammary nodes (category 3). RT may be given concurrent with CMF (category 2B) or follow chemotherapy when chemotherapy indicated.

RT to whole breast with boost (by photobrachytherapy or electron beam) to the supraclavicular area (category 1). Consider RT to internal mammary nodes (category 3). RT may be given concurrent with CMF (category 2B) or follow chemotherapy when chemotherapy indicated.

RT to whole breast with boost (by photobrachytherapy or electron beam) to the supraclavicular area (category 1). Consider RT to internal mammary nodes (category 3). RT may be given concurrent with CMF (category 2B) or follow chemotherapy when chemotherapy indicated.

RTOG FOUNDATION

HOME | ABOUT US | PATIENTS | CLINICAL TRIALS | PUBLICATIONS | **TOOLS & RESOURCES** | RESEARCHERS | RESEARCH ASSOCIATES | NEWS

Active Downloads
Advanced Technology
Radiation Therapy

Contouring Atlases

- Anorectal Atlas
- Bladder Atlas
- Brachial Plexus Contouring Atlas
- Breast Cancer Atlas
- Female RTOG Normal Pelvis Atlas
- Female RTOG Normal Pelvis Atlas
- Female RTOG Normal Pelvis Atlas
- GYN
- H & N Atlas
- Hepatobiliary Sparring
- Male RTOG Normal Pelvis Atlas
- Paranasal Atlas
- Pancreas Atlas
- Prostate Pelvis Lymph Nodes
- Prostate Pelvis Lymph Nodes
- Prostate Pelvis Lymph Nodes
- RTOG Extremity Sparing
- Tumor Sarcoma Atlas
- Lung Atlas
- Upper Abdominal

Contouring Atlases

Anorectal

Bladder Atlas

Brachial Plexus Contouring Atlas

Breast Cancer Atlas

Female RTOG Normal Pelvis Atlas

GYN

H & N Atlas

Oral Cavity Atlas

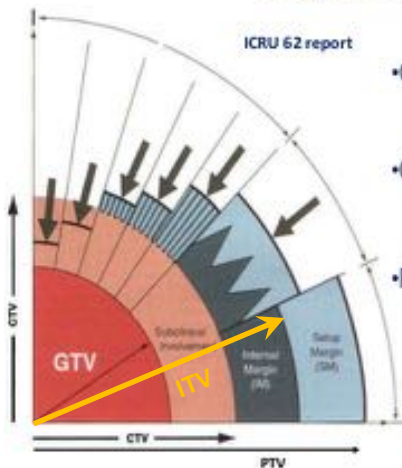
Consensus Atlas for CT-Based Delineation of Nodal Regions in the Neck - 2013 Update

Consensus Guidelines for Nodal Level Delineation in the Neck - 2013 Update

Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 7

Définitions des volumes cibles

Target volumes



- GTV = Gross Tumour Volume
= Macroscopic tumour
(visible/démontrable, volume médical)
- CTV = Clinical Target Volume
= Microscopic tumour
(GTV + lésions infra-cliniques, volume médical)
- PTV = Planning target Volume
(CTV + marges de mouvements, volume géométrique)

Advice: Always use the ICRU reports to specify and record dose and volume

Baumert et al. IJROBP 2006 Sep 1;66(1):187-94

Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 8

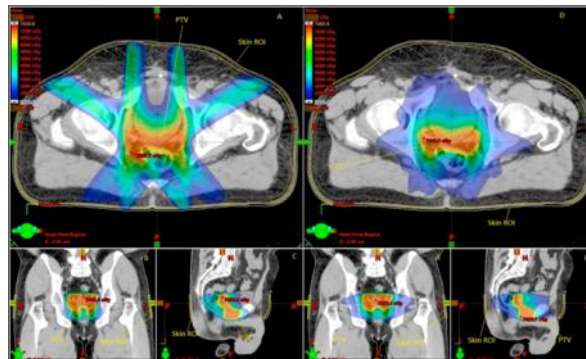
Définitions des organes à risque

- OAR = Organ at Risk (tissu sain qui est irradié)
- PRV = Planning Organ at Risk Volume (OAR + marge)
- TV = treated Volume (volume défini par une certaine isodose, par ex. 95%)
- RVR = remaining Volume at Risk (body – CTVs – OARs)



Evaluation de plans: coupe par coupe

- Défini dans les rapports ICRU 50 et 62
- La méthode conventionnelle d'évaluation d'un plan 3D est de vérifier la dose délivrée (isodoses) dans **toutes** les coupes CT et dans **tous** les plans
- C'est chronophage mais... très utile !
- Meilleure façon de comparer finement différents plans de traitement



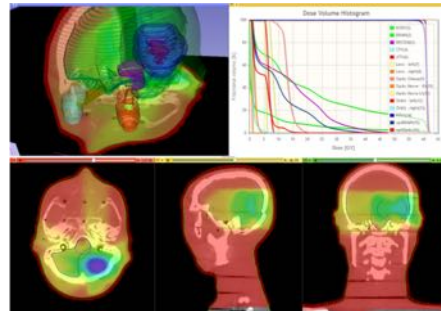
Evaluation des plans: la représentation DVH

Rappel : DVH = *Dose Volume Histogram*

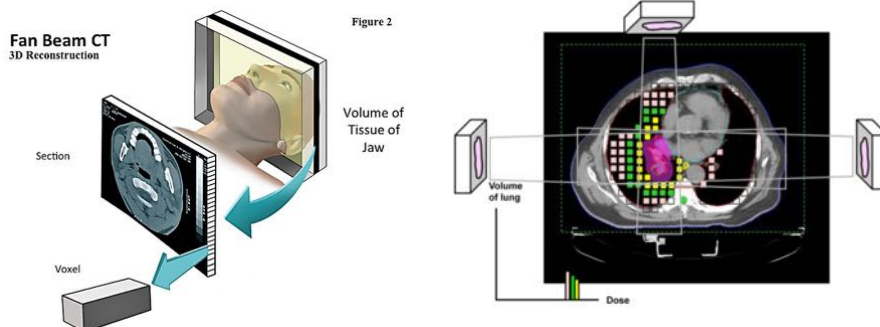
- Le DVH est la **représentation (outil) incontournable** pour évaluer des plans
- Un DVH résume graphiquement la répartition de dose 3D dans un **graphe 2D**
- Un DVH **ne contient pas d'information spatiale** (chaque point du PTV ou de l'OAR à le même poids)

Remarques :

- Un DVH peut être **différentiel** ou **cumulatif**
- Un DVH peut être représenté avec un volume **normalisé [%]** ou **absolu [cm³]**



DVH des OARS



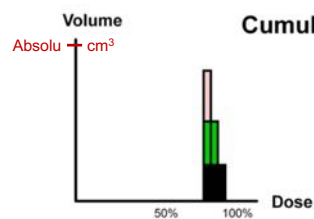
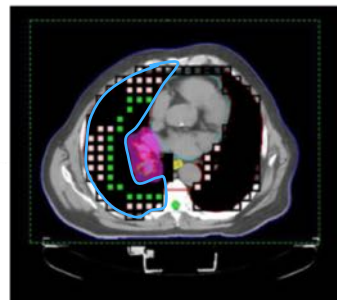
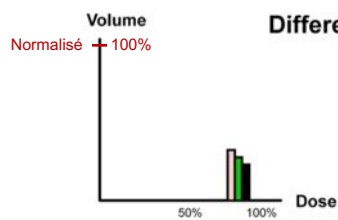
- La structure (organe ou tumeur) est représenté par un **ensemble de voxels**
- L'algorithme de calcul du TPS, **attribue une dose** à chaque voxel
- En comptant le nombre de voxels ayant la même dose, on peut créer un DVH qui est un graphique 2D de la cartographie de dose 3D

DVH et métriques physiques pour les organes à risques (OAR)



Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 13

DVH des OARS: exemple du poumon



1. On divise l'axe de la dose en intervalle de dose (par exemple d'1Gy)
2. On met chaque voxel dans l'intervalle de dose correspond
3. On compte combien de voxels (quel volume) il y a dans chaque intervalle

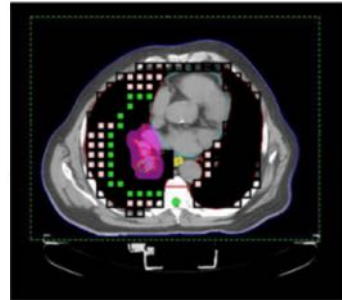
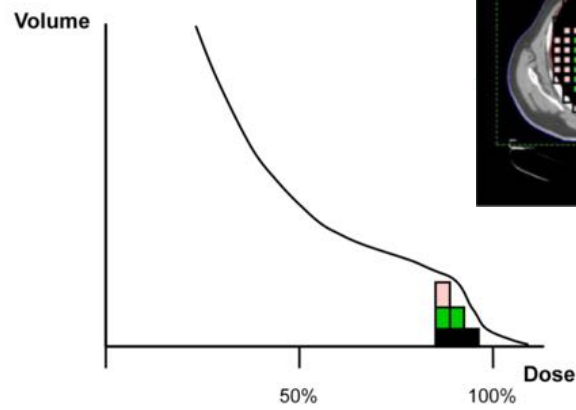
https://nucleus.iaea.org/HHW/RadiationOncology/Treatingpatients/Treatment_planning_and_techniques/Training_Course/



Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 14

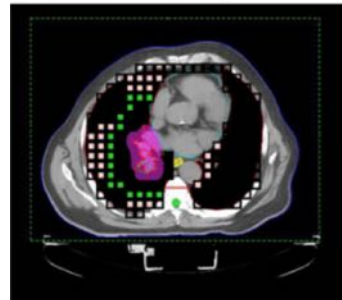
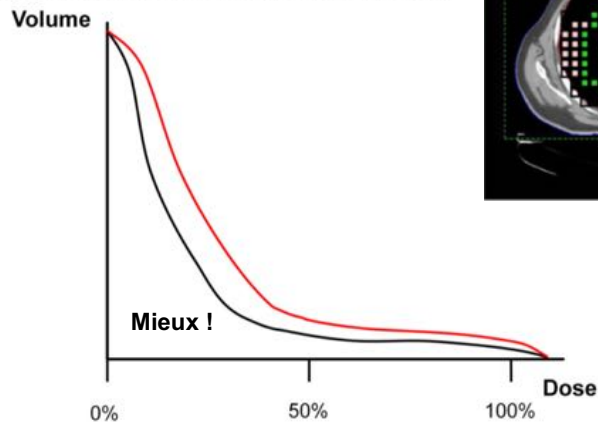
DVH des OARS: exemple du poumon

Cumulative dose-volume histogram



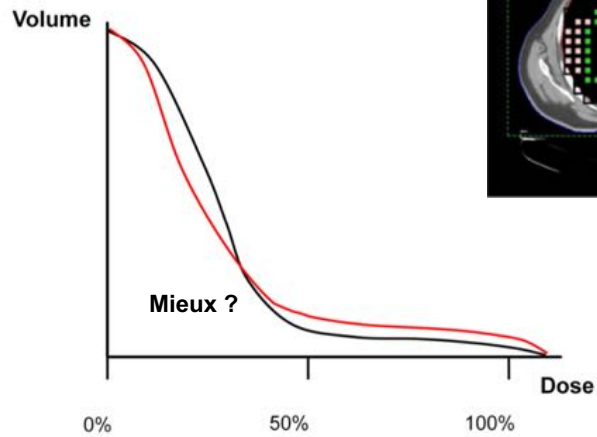
DVH des OARS: exemple du poumon

Comparison of techniques using DVHs (dose-volume histograms)



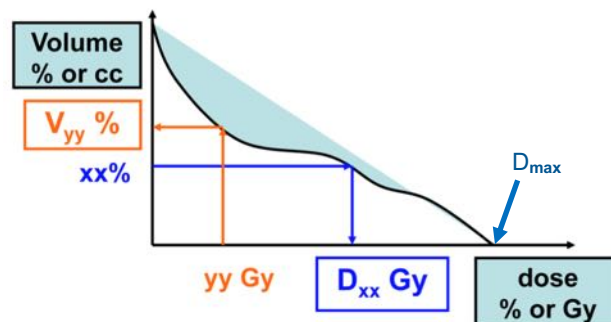
DVH des OARS: exemple du poumon

Comparison of techniques
using DVHs (dose-volume histograms)



Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 17

DVH: métriques physiques

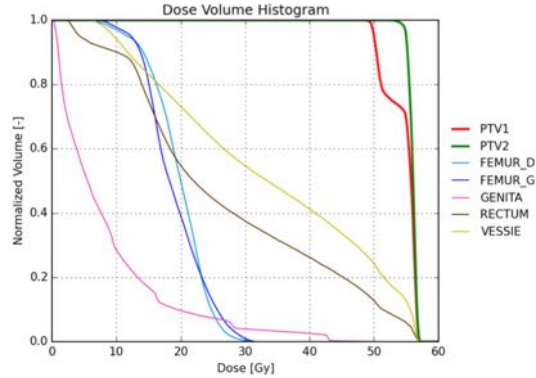


- On peut caractériser un DVH en relevant certains paramètres:
- $D_{x\%}$ [Gy] = dose (en Gy) que reçoit au moins $x\%$ de la structure
- $V_{y\text{Gy}}$ [%] = volume de la structure (en %) recevant une dose d'au moins y Gy
- D_{\min}/D_{\max} = dose min/max que reçoit la structure



Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 18

Exemple traitement prostate: OARs



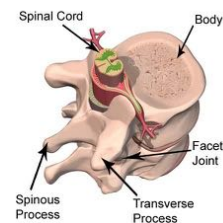
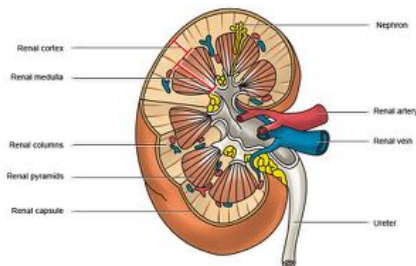
ROI:	Vol. [cc]	Max [Gy]	Median [Gy]	Mean [Gy]	V30 [cc]	V20 [cc]	V5 [cc]	D1 [Gy]	Min [Gy]
FEMUR_D:	172.62	32.21	19.98	19.68	0.39	49.81	100.00	28.72	5.24
FEMUR_G:	167.68	32.23	18.24	18.98	1.01	39.10	100.00	30.02	6.51
GENITA:	65.14	52.26	5.54	8.52	3.96	9.75	52.79	42.93	0.13
RECTUM:	118.69	57.34	21.99	27.17	37.56	54.82	94.19	56.71	2.27
VESSIE:	135.60	57.25	33.48	33.79	54.70	73.12	100.00	56.81	5.75



Quels paramètres extraire ?



- On peut extraire ou calculer un certain nombre de métrique mais leur intérêt dépend de la **structure considérées**
- **Organes sériels** (moelle, structures optiques, tronc cérébral, etc.)
- **Organes parallèle** (parotides, reins, poumons, etc.)



- OAR sériel: D_{max} ou $D_{2\%}$ (*near-max*)
- OAR parallèle: V_{20Gy} , V_{5Gy} , **dose médiane**, **dose moyenne**
 - Exemple: la sévérité d'une pneumonie radique est bien corrélée à la V_{20Gy}



Quelles sont les recommandations ?

Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC)

Table 1. QUANTEC Summary: Approximate Dose/Volume/Outcome Data for Several Organs Following Conventional Fractionation (Unless Otherwise Noted)*

Organ	Volume segmented	Irradiation type (partial organ unless otherwise stated)†	Endpoint	Dose (Gy), or dose/volume parameters‡	Rate (%)	Notes on dose/volume parameters
Brain	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax <60	<1	Data at 72 and 90 Gy, extrapolated from BED models
	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax = 72	5	
	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax = 90	10	
Whole organ	SRS (single fraction)		Symptomatic necrosis	V12 <5–10 cc	<20	Rapid rise when V12 > 5–10 cc
Brain stem	Whole organ	Whole organ	Permanent cranial neuropathy or necrosis	Dmax <54	<5	
	Whole organ	3D-CRT	Permanent cranial neuropathy or necrosis	D1–10 cc [§] ≤59	<5	
	Whole organ	3D-CRT	Permanent cranial neuropathy or necrosis	Dmax <64	<5	Point dose <1 cc
	Whole organ	SRS (single fraction)	Permanent cranial neuropathy or necrosis	Dmax <12.5	<5	For patients with acoustic tumors
Optic nerve / chiasm	Whole organ	3D-CRT	Optic neuropathy	Dmax <55	<1	Given the small size, 3D-CRT is often whole organ
	Whole organ	3D-CRT	Optic neuropathy	Dmax 55–60	1–7	
	Whole organ	3D-CRT	Optic neuropathy	Dmax >60	>7–20	
Whole organ	SRS (single fraction)		Optic neuropathy	Dmax <12	<10	
Spinal cord	Partial organ	3D-CRT	Myelopathy	Dmax = 50	0.2	Including full cord cross-section
	Partial organ	3D-CRT	Myelopathy	Dmax = 60	6	
	Partial organ	3D-CRT	Myelopathy	Dmax = 69	50	
	Partial organ	SRS (single fraction)	Myelopathy	Dmax = 13	1	
Partial organ	SRS (hypofraction)		Myelopathy	Dmax = 20	1	Partial cord cross-section irradiated 3 fractions, partial cord cross-section irradiated
Cochlea	Whole organ	3D-CRT	Sensory neural hearing loss	Mean dose ≤45	<30	Mean dose to cochlear, hearing at 4 kHz
	Whole organ	SRS (single fraction)	Sensory neural hearing loss	Prescription dose ≤14	<25	Serviceable hearing
Parotid	Bilateral whole parotid glands	3D-CRT	Long term parotid salivary function reduced to <25% of pre-RT level	Mean dose <25	<20	For combined parotid glands ^{**}
	Unilateral whole parotid gland	3D-CRT	Long term parotid salivary function reduced to <25% of pre-RT level	Mean dose <20	<20	For single parotid gland. At least one parotid gland spared to <20 Gy ^{**}

(Continued)



Quelles sont les recommandations ?

Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC)

Table 1. QUANTEC Summary: Approximate Dose/Volume/Outcome Data for Several Organs Following Conventional Fractionation (Unless Otherwise Noted)*

Organ	Volume segmented	Irradiation type (partial organ unless otherwise stated)†	Endpoint	Dose (Gy), or dose/volume parameters‡	Rate (%)	Notes on dose/volume parameters
Brain	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax <60	<1	Data at 72 and 90 Gy, extrapolated from BED models
	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax = 72	5	
	Whole organ	3D-CRT	Symptomatic necrosis	Dmax = 90	10	
Whole organ	SRS (single fraction)		Symptomatic necrosis	V12 <5–10 cc	<20	Rapid rise when V12 > 5–10 cc
Brain stem	Whole organ	Whole organ	Permanent cranial neuropathy or necrosis	Dmax <54	<5	
	Whole organ	3D-CRT	Permanent cranial neuropathy or necrosis	D1–10 cc [§] ≤59	<5	
	Whole organ	3D-CRT	Permanent cranial neuropathy or necrosis	Dmax <64	<5	Point dose <1 cc
	Whole organ	SRS (single fraction)	Permanent cranial neuropathy or necrosis	Dmax <12.5	<5	For patients with acoustic tumors
Optic nerve / chiasm	Whole organ	3D-CRT	Optic neuropathy	Dmax <55	<1	Given the small size, 3D-CRT is often whole organ
	Whole organ	3D-CRT	Optic neuropathy	Dmax 55–60	1–7	
	Whole organ	3D-CRT	Optic neuropathy	Dmax >60	>7–20	
Whole organ	SRS (single fraction)		Optic neuropathy	Dmax <12	<10	
Spinal cord	Partial organ	3D-CRT	Myelopathy	Dmax = 50	0.2	Including full cord cross-section
	Partial organ	3D-CRT	Myelopathy	Dmax = 60	6	
	Partial organ	3D-CRT	Myelopathy	Dmax = 69	50	
	Partial organ	SRS (single fraction)	Myelopathy	Dmax = 13	1	
Partial organ	SRS (hypofraction)		Myelopathy	Dmax = 20	1	Partial cord cross-section irradiated 3 fractions, partial cord cross-section irradiated
Cochlea	Whole organ	3D-CRT	Sensory neural hearing loss	Mean dose ≤45	<30	Mean dose to cochlear, hearing at 4 kHz
	Whole organ	SRS (single fraction)	Sensory neural hearing loss	Prescription dose ≤14	<25	Serviceable hearing
Parotid	Bilateral whole parotid glands	3D-CRT	Long term parotid salivary function reduced to <25% of pre-RT level	Mean dose <25	<20	For combined parotid glands ^{**}
	Unilateral whole parotid gland	3D-CRT	Long term parotid salivary function reduced to <25% of pre-RT level	Mean dose <20	<20	For single parotid gland. At least one parotid gland spared to <20 Gy ^{**}

(Continued)

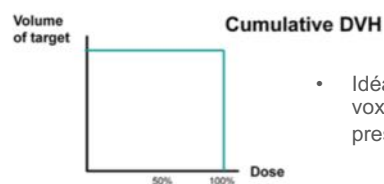
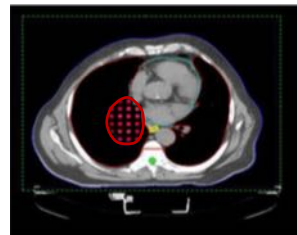
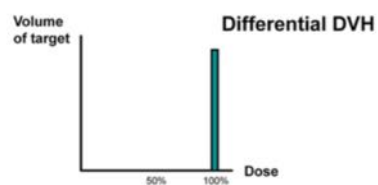
Attention ! Dépend du fractionnement !
Pas valable pour la stéréotaxie !



DVH et métriques physiques pour les volumes cibles (PTV)



DVH du volume cible (PTV)

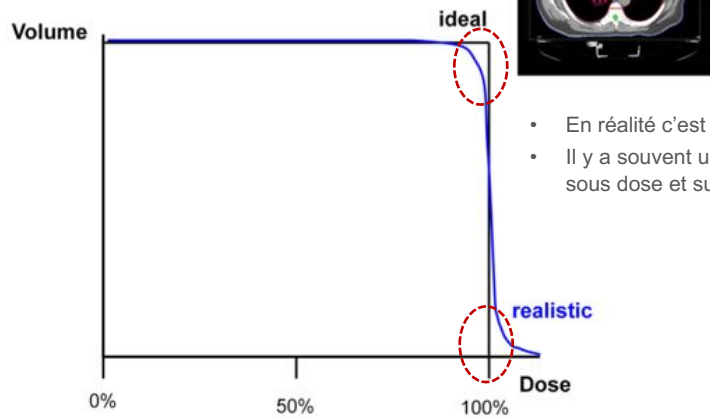


- Idéalement, on aimerait que tous les voxels du PTV reçoivent la dose prescrite...



DVH du volume cible (PTV)

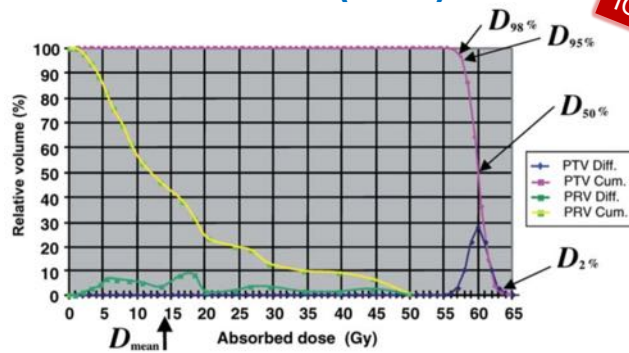
Cumulative DVH



- En réalité c'est difficile !
- Il y a souvent un «léger» sous dose et surdosage



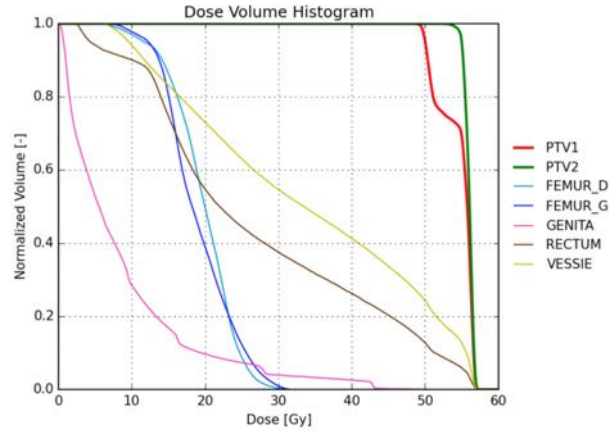
DVH du volume cible (PTV)



- La dose médiane (D_{50}) correspond le mieux à la notion de dose au point ICRU
- D_{50} au PTV est la **notion la plus robuste** donc devrait correspondre à la **dose prescrite**
- Donc normalement il ne faudrait pas prescrire sur D_{90} ou autre !
 - La bonne façon de faire est de normaliser le DVH du PTV **à la médiane** !
 - Si ce n'est pas fait, il faut **au moins reporter** la médiane



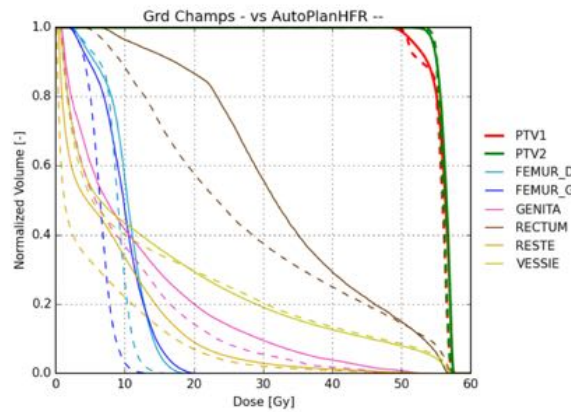
Exemple traitement prostate: PTVs



ROI:	Vol. [cc]	Max [Gy]	V105 [cc]	D2 [Gy]	Median [Gy]	Mean [Gy]	D98 [Gy]	V95 [cc]	Min [Gy]	HI [-]
PTV1:	195.94	57.34	74.76	56.93	55.78	54.62	49.72	100.00	48.29	0.13
PTV2:	142.78	57.34	0.00	56.97	56.09	56.02	54.67	99.87	51.42	0.04



Exemple traitement prostate: comparaison de plans



- Si les PTVs reçoivent la même dose mais que pour tous les OARs les métriques calculées sont meilleures alors on peut dire qu'un plan est meilleur que l'autre.



Métrique spécifique au PTV: *Conformity Index*

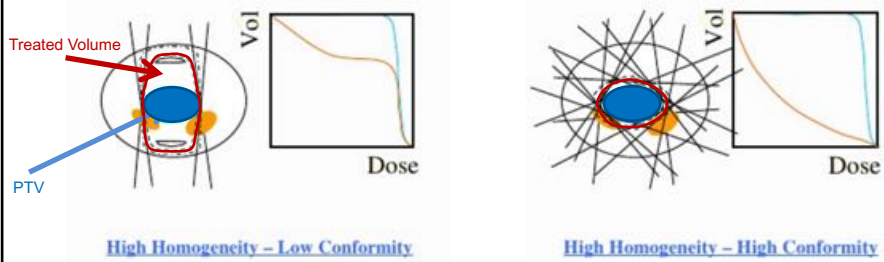
• **Conformity Index** (ICRU 62):

ICRU 62

- **Treated Volume**: volume compris dans une isodose spécifique, en général l'isodose 95%
- **PTV**: volume cible que l'on veut traité
- **Condition**: PTV appartient au Treated Volume

$$\text{Conformity index (CI)} = \frac{\text{Treated Volume}}{\text{PTV}}$$

si CI → 1: bien
si CI → ∞: mauvais



Métrique spécifique au PTV: *Homogeneity Index*

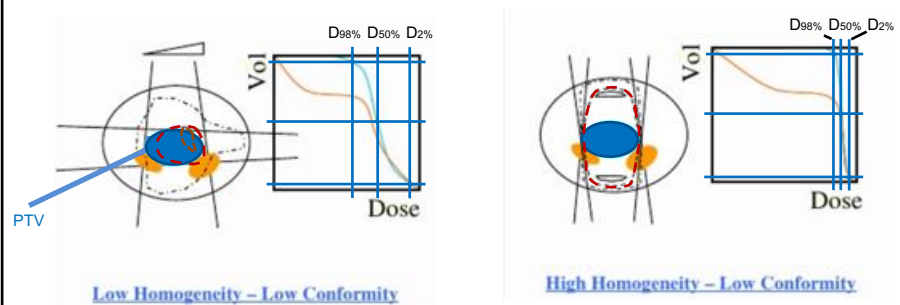
• **Homogeneity Index** (ICRU 83):

ICRU 83

- **D_{2%}**: dose minimum qui couvre 2% du volume du PTV
- **D_{98%}**: dose minimum qui couvre 98% du volume du PTV
- **D_{50%}**: dose minimum qui couvre 50% du volume du PTV (médiane)

$$\text{Homogeneity Index (HI)} = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}}$$

si HI → 0: idéal
si HI → 0.05: bien
si HI → ∞: mauvais

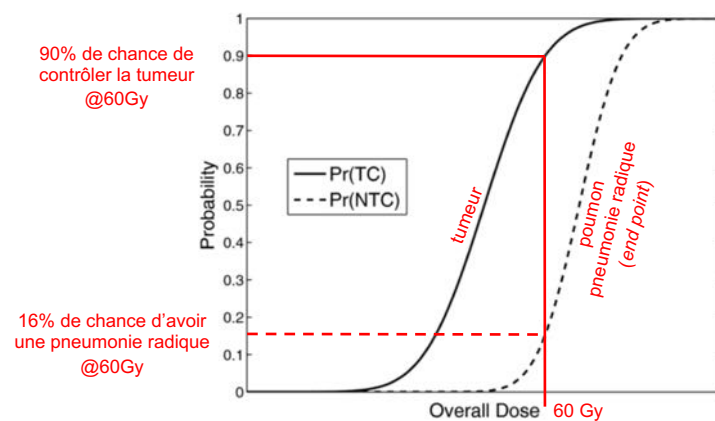


Les métriques (radio-)biologiques



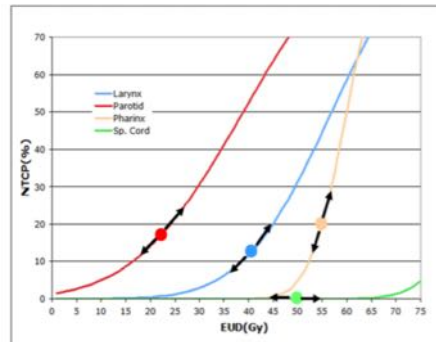
Rappel : but de la radiothérapie

- Rappel: TCP = Tumor Control Probability
NTCP = Normal Tissue Complication Probability



Paramètres biologiques : TCP/NTCP

- Intégration des métriques TCP/NTCP directement dans le TPS
- Le plan optimal serait celui qui minimise la somme des NTCP des différents organes pour un TCP donné
- Plus besoin de métriques physiques (dose moyenne, $V_{20\%}$)



L'idée semble bonne mais...

- Les données cliniques nourrissant le modèle sont parfois **peu consistantes**, peu **précises** ou simplement **manquantes** Ex: tumeur prostate alpha/beta= 10, puis 1.5 [0.8-2.2] (Brenner *et al.*, 1999) !!!
- Les modèles fonctionnent que pour des **conditions spécifiques** (sont incomplets)



Paramètres biologiques: TCP/NTCP

$$TCP = \frac{1}{\sigma_\alpha \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \left(\prod_i \exp \left[-\frac{D_i}{\sigma_\alpha} \right] \exp \left\{ -\alpha D_i \left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \frac{D_i}{D_i} \right) \right\} \right) \exp \left[-(\alpha + \frac{\beta}{\alpha}) / 2 \sigma_\alpha^2 \right] d\alpha$$

Modèle empirique de Nahum (1992)
Valable pour irradiation **homogène**

$$NTCP = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-t^2/2} dt$$

Modèle empirique de Lyman-Kutcher-Burman (1985)
Valable pour irradiation **homogène**

$$t = \frac{D - TD_{50}(V/V_{ref})}{m TD_{50}(V/V_{ref})}$$

$$TD_{50}(1) = TD_{50}(V/V_{ref})(V/V_{ref})^m$$

- $TD_{50}(1)$, the dose to the whole organ which would lead to complication in 50% of the population (note that $TD_{50}(V/V_{ref})$ is to be read as the TD_{50} at partial volume V/V_{ref});
- V_{ref} , a reference volume, which in many cases will be the (whole) organ volume;
- m , a parameter representing the steepness of the dose-response curve;
- n , the exponent of volume in the power law that relates the tolerance doses for uniform whole and uniform partial organ irradiation.



Paramètres biologiques: TCP/NTCP

Inconvénients

- Nos **connaissances** sur les effets biologiques des radiations sont **incomplètes**
- Nos **données cliniques** sont insuffisantes et **incomplètes**
- Nos **modèles sont insuffisants**, dépendent de paramètres ayant de grandes incertitudes et ont des domaines de validités limités

Avantages

- L'**architecture** des tissus (série/parallèle) est **prise en compte**
- L'**effet du volume** de la tumeur est pris en compte dans le modèle
- (Idéalement) est proche de la clinique...



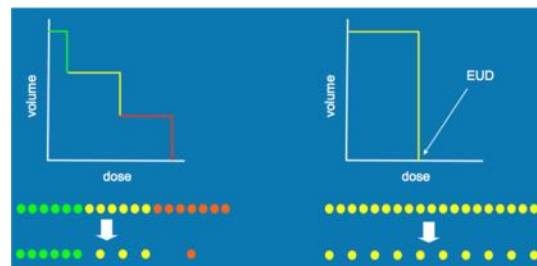
Equivalent Uniform Dose (EUD): un concept intermédiaire



Concept d'Equivalent Uniform Dose (EUD)

- Concept **physico-biologique**
- EUD représente une **dose uniforme** qui, en terme de contrôle local ou complication, **est équivalente à une dose non uniforme** (Niemierko, 1996)
- Pour **un effet donné** produit par une dose inhomogène, on peut trouver une dose uniforme produisant le même effet (pour un fractionnement identique)

Attention, c'est toujours pour un effet donné ! (end point)



G. Meijer, ESTRO courses, Budapest 2014

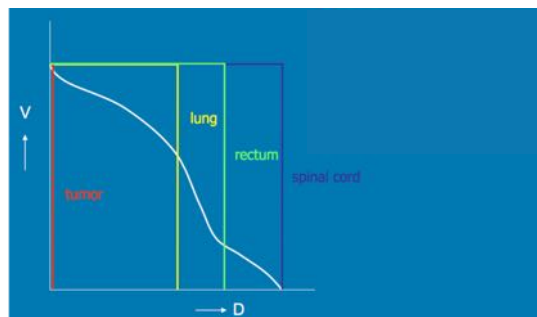


Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 37

Concept d'Equivalent Uniform Dose (EUD)

Question:

- Quelle dose **homogène** donne une probabilité identique **d'effet radio-biologique** ?



G. Meijer, ESTRO courses, Budapest, 2014

- Pour la moelle (**myélite radique**) : OAR purement sériel, donc c'est le max qui compte → 1 voxel à 50 Gy ou tout l'OAR à 50 Gy donne théoriquement le même effet radio-biologique
- Pour le poumon (**pneumonie radique**) : c'est plutôt la dose moyenne qui compte (V_{20Gy})
- Pour le PTV (**récidive**) : c'est le min qui compte → 1 voxel sous-dosé permet l'apparition d'une récurrence



Frédéric Miéville, PhD | Service de radio-oncologie | 29.10.2020 | 38

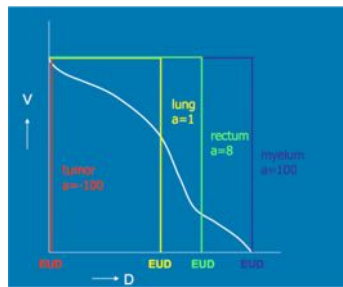
Concept d'Equivalent Uniform Dose (EUD)

On définit une métrique un peu plus complexe qu'un min/max DVH ou min/max Dose

$$EUD = \left(\frac{1}{N} \sum_i D_i^a \right)^{\frac{1}{a}}$$

i: sous-élément du volume considéré

- Cette métrique permet de prendre en compte une partie de la biologie de l'OAR (sériel ou parallèle) au travers d'un paramètre a
- On peut la voir comme une métrique agissant sur tous les voxels dont sur toute la courbe DVH de l'OAR

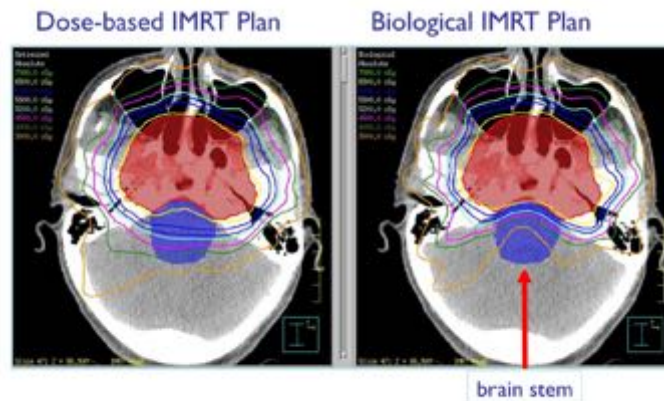


G. Meijer, ESTRO courses, Budapest, 2014

Effet	Organes concernés	Organes concernés
a < 1	Les basses doses ont un poids plus important. Les points froids produisent un grand EUD	Cibles (PTV)
a = 1	Correspond à la dose moyenne. Les points froids et chauds ont le même poids	OARs parallèles (poumon, foie,...)
a > 1	Les hautes doses ont un poids plus important. Les points chauds produisent un grand EUD	OARs sériels (moelle, nerfs, ...)



Concept d'Equivalent Uniform Dose (EUD)



Courtesy of Philips Medical Systems

- Permet, globalement, d'obtenir des plans de dose plus aboutis que l'optimisation purement physique



Evaluation de plans IMRT/VMAT: spécificités ?



Spécificités des plans IMRT/VMAT

- L'évaluation se fait de la **même façon** pour le 3DCRT, IMRT et le VMAT, c'est-à-dire coupe par coupe et au moyen des courbes DVH
- Généralement, le plan ayant le meilleur DVH (après discussion avec le médecin) est le plan de traitement retenu
- L'IMRT et le VMAT permettant d'être **plus homogène**, on adopte des critères généralement plus sévères
 - **3D-CRT**: la dose au PTV « doit être » entre **95%-107% de la dose prescrite**
ICRU 62
 - **IMRT/VMAT**: pas de critère strict car dépend du compromis PTV-OARs que l'on veut obtenir
ICRU 83
- A Fribourg, pour la couverture du PTV, on accepte (dans la plus part des cas)

$V_{95\% \text{ dose prescrite}} > 98\%$ et $D_{\max} < 105\% \text{ dose prescrite}$



Sans évaluation, pas d'optimisation

Le planning inverse est composé d'une **processus d'évaluation** puis **d'optimisation**

- Généralement, l'évaluation se fait au travers des métriques physiques et EUD
- Chaque ligne du tableau de contraintes fait appelle à une métrique
- Pour chaque métrique, on peut créer une fonction de coût (ce que l'on demande versus ce que le TPS à produit)

$$C = \sum_{\text{objectives voxels}} W_i I_i (D_i - D_{\text{objectives}})^2$$

- La somme des fonctions de coûts produit la fonction de coût totale du tableau de contrainte.
- Certains TPS permettent également de travailler avec des TCP/NTCP



Conclusions

Evaluation d'un plan

- Coupe par coupe (visuellement)
- Au travers du DVH (calcul de métriques)

Evaluation au travers des métriques physiques (D_{mean} , $V_{95\text{Gy}}$)

- Facile à utiliser
- Idéal pour documenter un plan de traitement
- « Eloigné » de la clinique (ex: $V_{20\text{Gy}}$ pour le poumon lien clinique ?)

Evaluation au travers de métriques radio-biologiques (TCP/NTCP)

- Est proche de la clinique
- Nécessite encore beaucoup de travaille de modélisation et à besoin de plus de données cliniques

Evaluation physico-biologique (EUD)

$$EUD = \left(\frac{1}{N} \sum_i D_i^a \right)^{\frac{1}{a}}$$

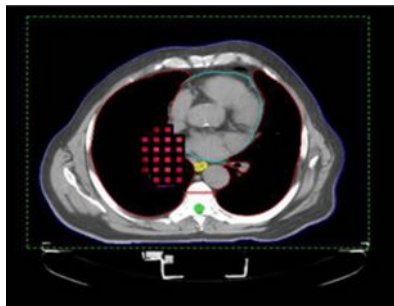
- Est un compromis entre physique et radio-biologique
- Permet d'obtenir des plans de dose plus aboutis que l'optimisation physique



Exercice



Exercice : DVH du volume cible (PTV)



- Sachant que qu'un PTV est :
 - constitué de 21 voxels de 1 cm^3 chacun
 - 8 voxels reçoivent 50 Gy, 6 voxels 49 Gy, 4 voxel 48 Gy, 3 voxel 51 Gy
 - Calculer le **volume** du PTV ainsi que D_{\min} , D_{\max} , D_{mean} , $D_{50\%}$
 - Dessiner le DVH différentiel puis cumulatif (normalisé ou absolue)



Corrigé de l'exercice : métriques DVH

- Le PTV est constitué de 21 voxels de 1 cm³ chacun
- 8 voxels reçoivent 50 Gy, 6 voxels 49 Gy, 3 voxels 48 Gy et 4 voxels 51 Gy
- Calculer le volume du PTV ainsi que D_{\min} , D_{\max} , D_{mean} , $D_{50\%}$ et la $D_{\text{médian}}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Volume} = 21 \text{ cm}^3 \\ D_{\min} = 48 \text{ Gy} \\ D_{\min} = 51 \text{ Gy} \\ D_{\text{mean}} = 49.61 \text{ Gy} \\ D_{50\%} = D_{\text{médian}} = 50 \text{ Gy (dose entre le 10 et 11 voxels)} \end{array} \right.$$



Corrigé de l'exercice : DVH différentiel

