

Perspectives en imagerie

Irène Buvat

Imagerie et Modélisation en Neurobiologie et Cancérologie

UMR 8165 CNRS - Paris 7 and Paris 11 Universities

Orsay, France

buvat@imnc.in2p3.fr

<http://www.guillemet.org/irene>

Deux évolutions majeures en cours

- Imagerie multi-physique

- Imagerie thérapeutique

Ok ntation :

- E es

- l oulevés par ces évolutions



L'imagerie multi-physique

Motivation : cartographeur simultanément / conjointement différents types d'informations de façon à établir le profil le plus précis possible de la pathologie pour mieux la prendre en charge



Hier

L' imagerie multi-physique

Motivation : cartographeur simultanément / conjointement différents types d' informations de façon à établir le profil le plus précis possible de la pathologie pour mieux la prendre en charge



Rdz-vs TEP scan



machine couplée TEP / TDM

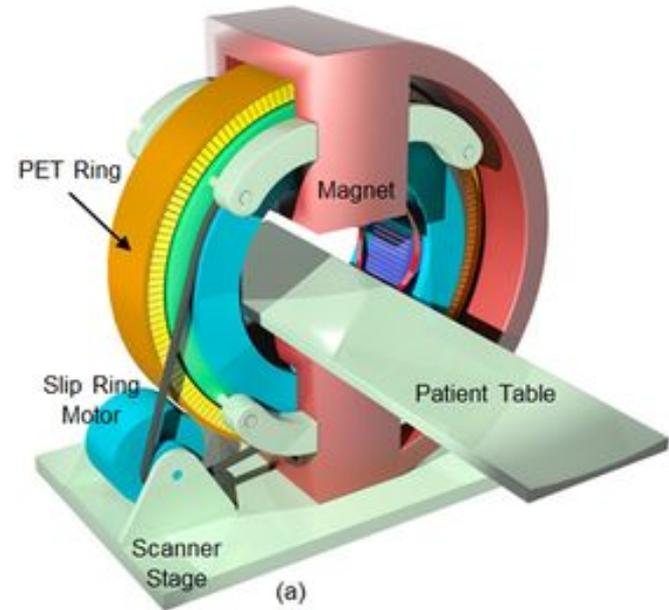
Aujourd' hui

L' imagerie multi-physique

Motivation : cartographeur simultanément / conjointement différents types d' informations de façon à établir le profil le plus précis possible de la pathologie pour mieux la prendre en charge



Rdz-vs imagerie diagnostique



Concept d' imageur TEP/TEMP/TDM/IRM
(ultrasons en option !)

Wang et al PLoS 2012

Demain

Principes

1. Conception d' imageurs hybrides combinant des appareils de différentes modalités et mesurant différentes grandeurs



TEMP/TDM

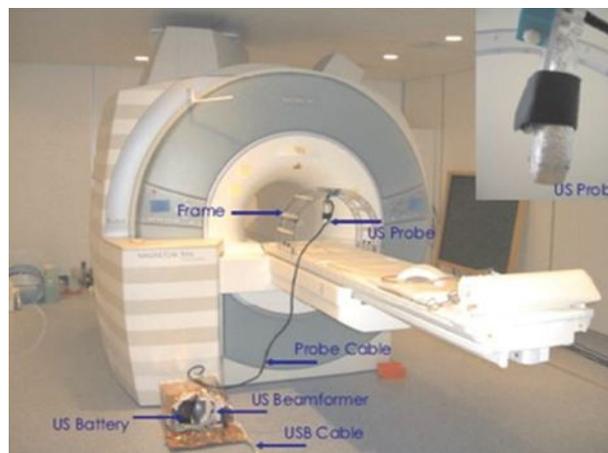


TEP/IRM

etc...



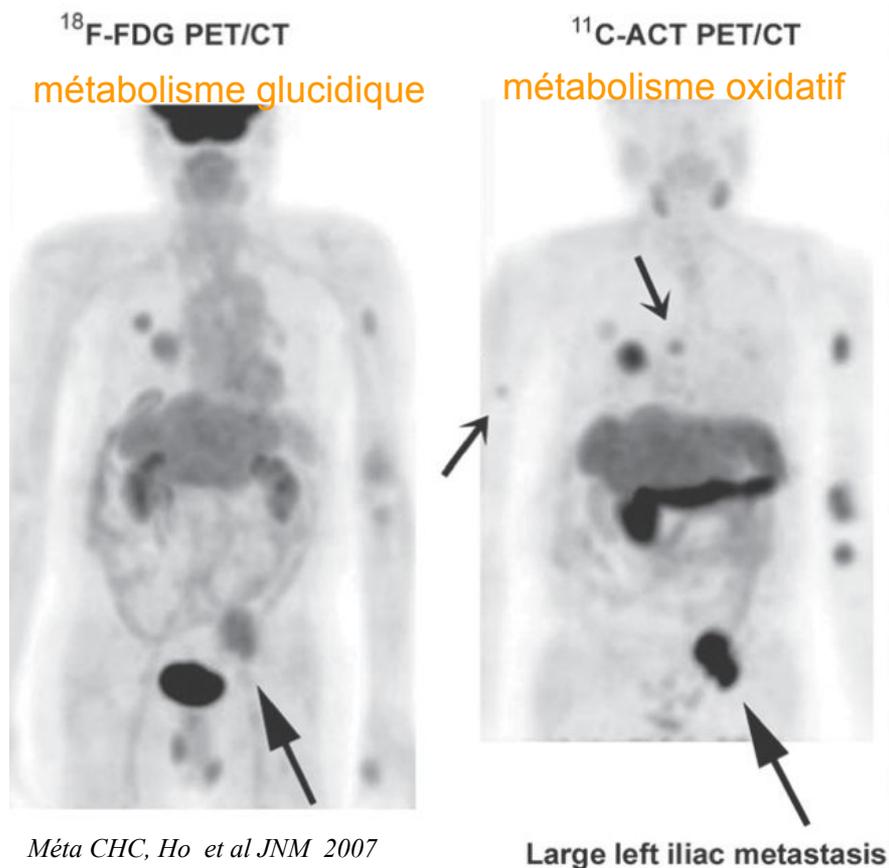
TEP/TDM



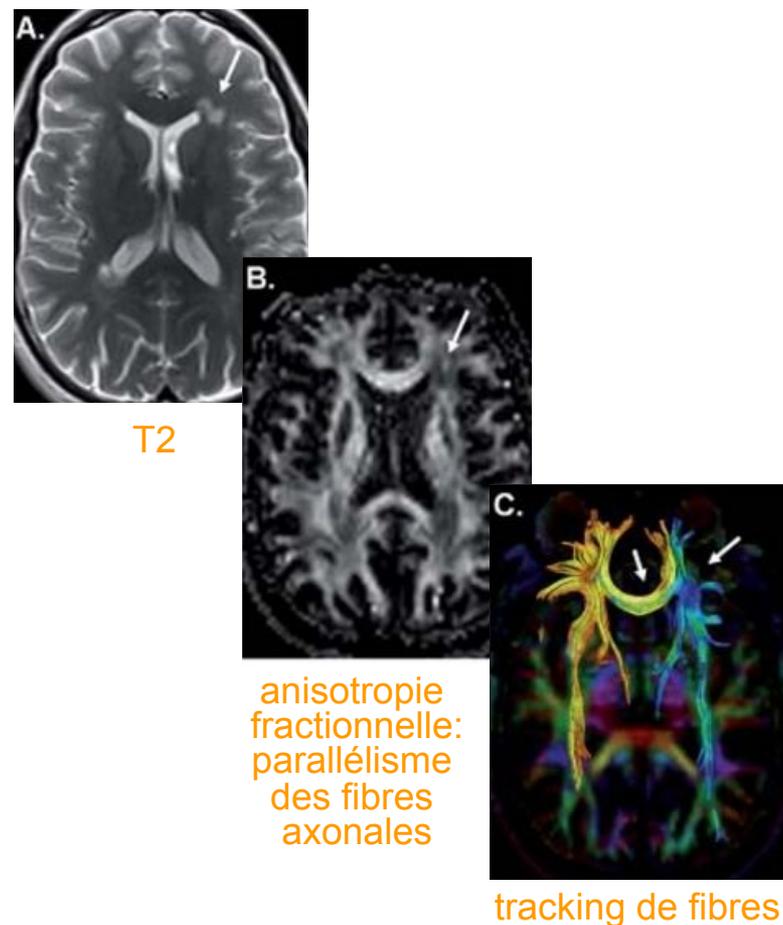
US / IRM 3T

Principes

2. Pour chaque modalité, mise en œuvre de protocoles conduisant à la mesure de propriétés différentes, en particulier moléculaires



TEP multitraceurs

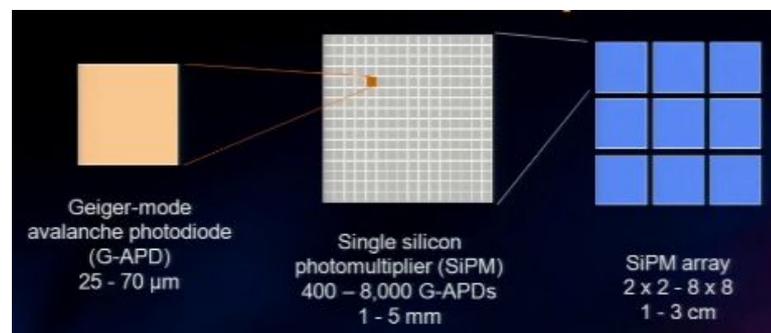
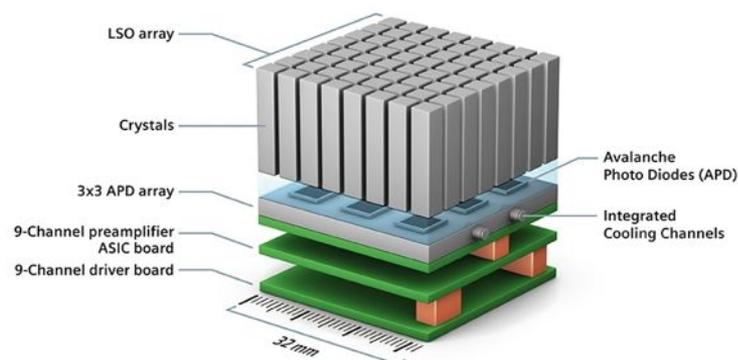
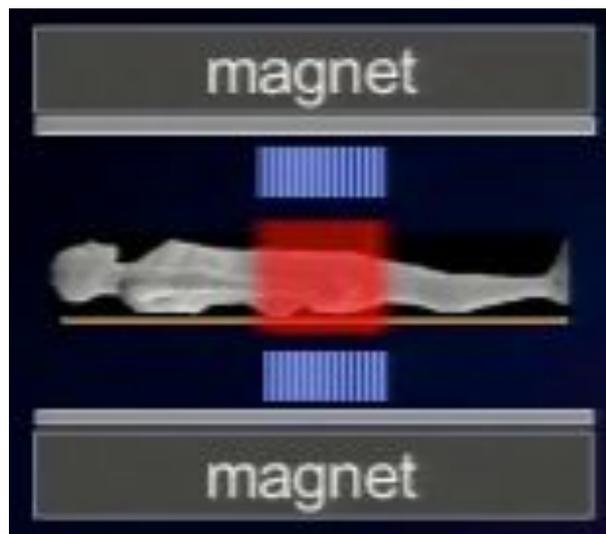


différentes séquences IRM

Défis à relever

1. Instrumentaux : intégration d'instruments non nécessairement initialement compatibles (champ magnétique, encombrement, etc)

Exemple : fonctionnement d'un détecteur TEP dans un champ magnétique



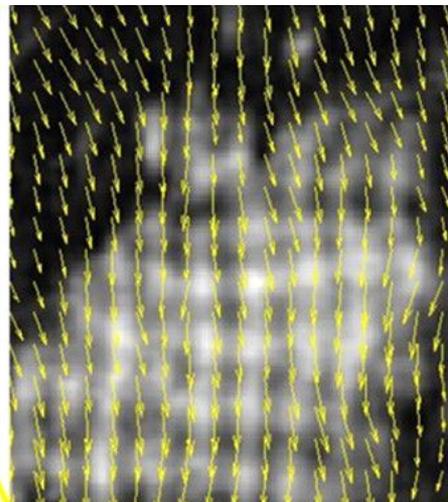
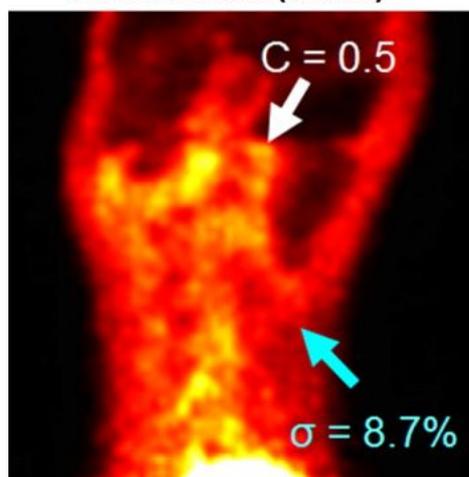
Nouveaux types de détecteurs :
photodiodes à avalanches (APD) ou
photomultiplicateurs silicium (SiPM) en remplacement des tubes photomultiplicateurs

Défis à relever

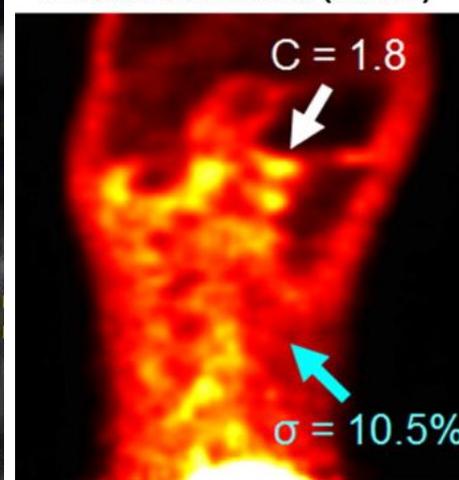
2. Algorithmiques : création d'images fiables à partir de l'ensemble des signaux détectés, sans compromis. Viser le $1 + 1 > 2$

Exemples : compensation du mouvement respiratoire en TEP en utilisant des informations émanant de l'IRM

A Uncorrected (6 min)



Motion corrected (6 min)



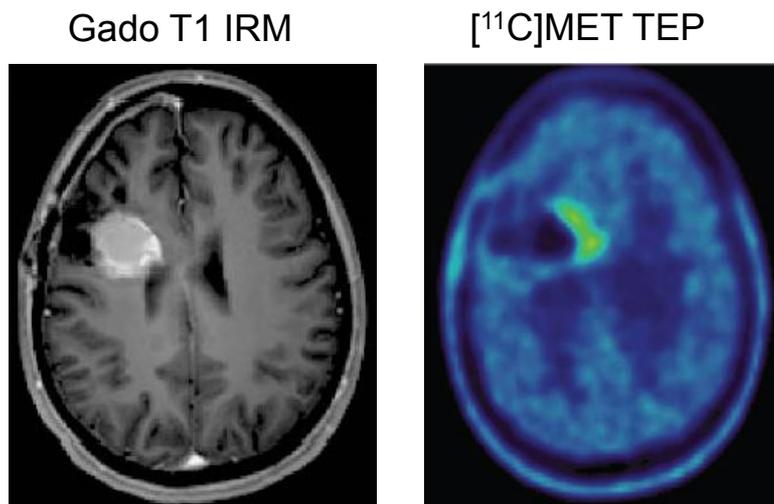
Monkey, Chun et al JNM 2012

Estimation du champ de déformation élastique pendant l'acquisition TEP grâce à l'IRM et intégration de ce champ de déformation dans la reconstruction TEP

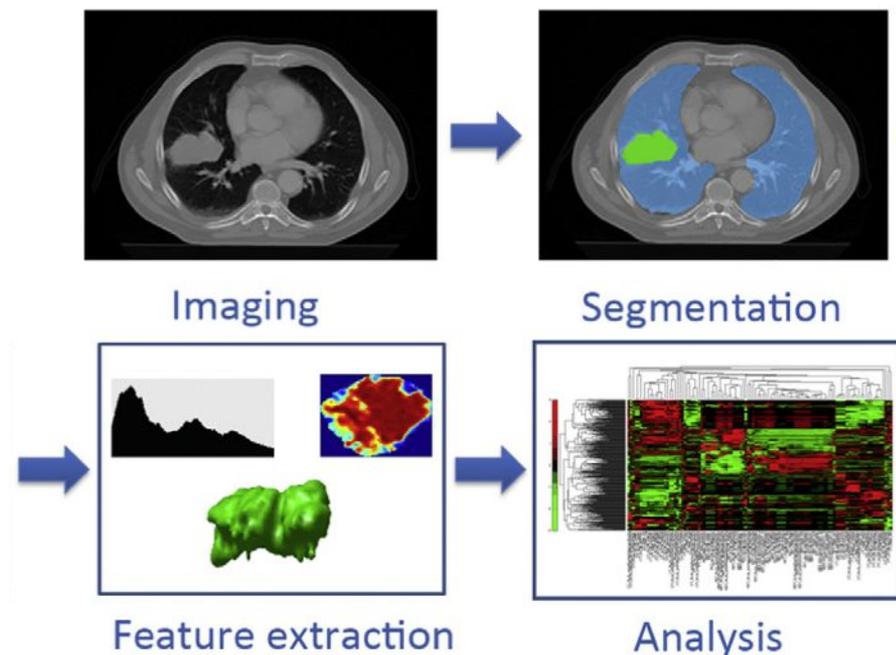
Défis à relever

3. Analyse des données : gestion de l' aspect multi-échelle/multi-résolution, gestion des discordances, intégration des cartographies multiparamétriques dans le processus de décision

Exemples :



Comment décrire et interpréter les informations discordantes, et prendre en compte la résolution spatiale différente ?



Fouille de données via l' approche radiomique ?

Lambin et al, Eur J Radiol 2012

L' imagerie théranostique

Motivation : optimiser le traitement pour chaque individu au moyen de données d' imagerie spécifiques et moléculaires, prévoir et contrôler l' efficacité du traitement chez l' individu via des données d' imagerie



Diagnostic



Traitement

janvier							février							mars							avril						
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	7	8	9	10	11	12	13	11	12	13	14	15	16	17
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	18
25	26	27	28	29	30	31	29							28	29	30	31				16	17	18	19	20	21	19

mai							juin							juillet							août						
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	28	29	30	31	1	2	3
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	28	29	30	31	1	2	3
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	36	37	38	39	40	41	
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	31	1	2	25	26	27	28	29	30	31	31	1	2	3	4	5	6
30	31						23							28							32						37

septembre							octobre							novembre							décembre						
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22	23	24	14	15	16	17	18	19	20	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	25	26	27	28	29	30	31	21	22	23	24	25	26	27	24	25	26	27	28	29	30
							22							28							31						36

septembre							octobre							novembre							décembre						
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	18	19	20	21	22	23	24	14	15	16	17	18	19	20	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	25	26	27	28	29	30	31	21	22	23	24	25	26	27	24	25	26	27	28	29	30
							22							28							31						36

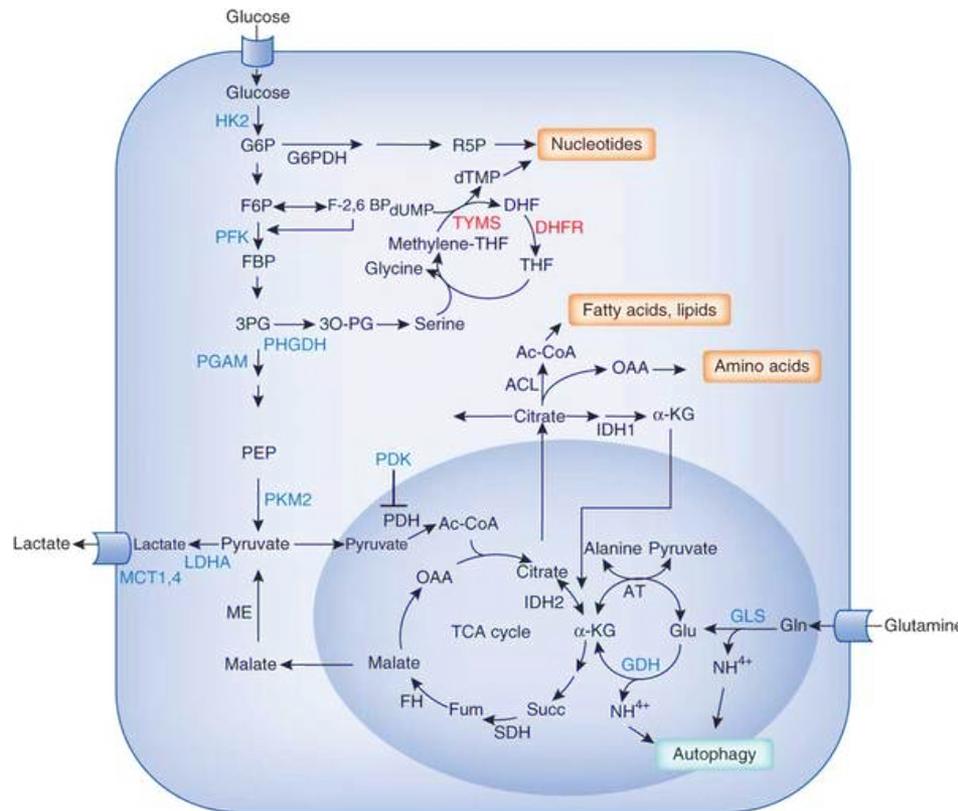
✓ Examens de contrôle

Suivi

Aujourd' hui

L'imagerie théranostique

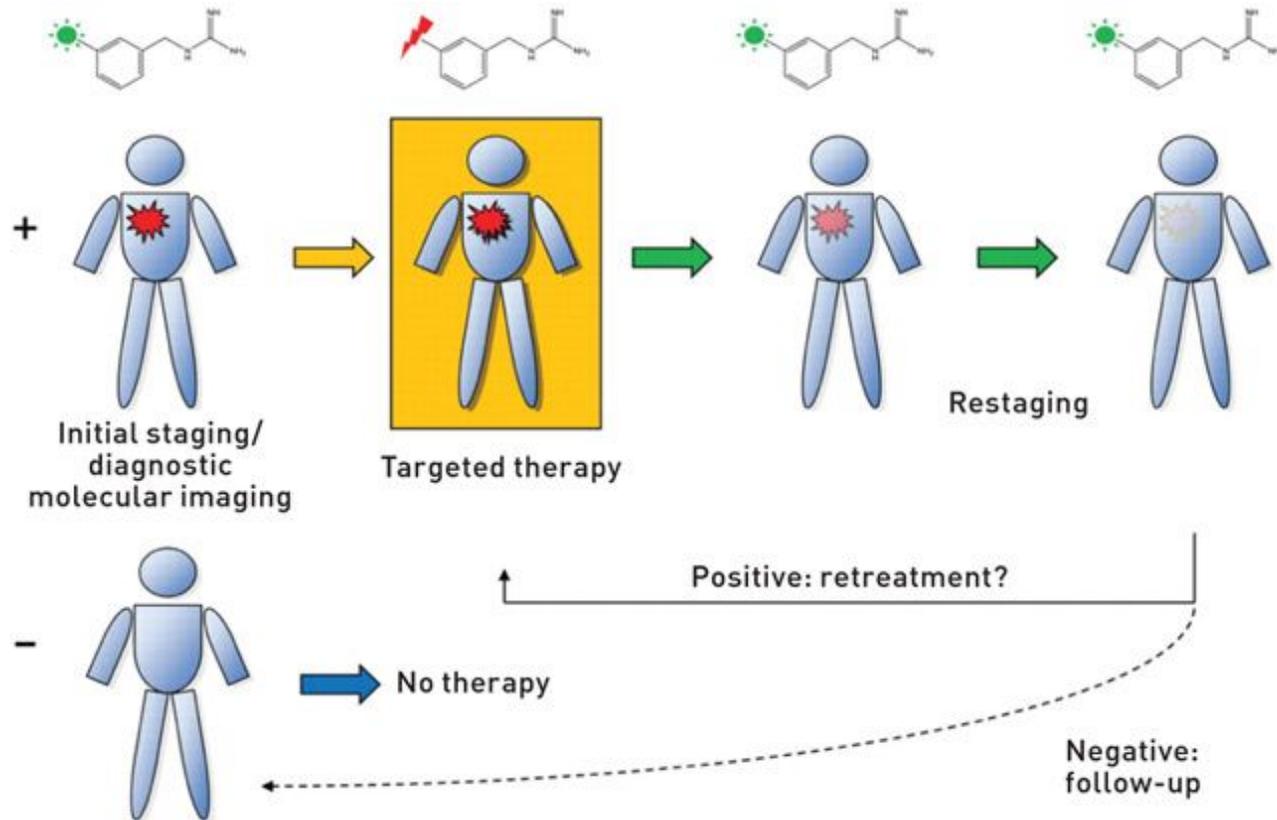
Constat : toute pathologie naît d'un dérèglement en chaîne d'un grand nombre de processus biochimiques complexes. Le diagnostic précoce et précis requiert des informations moléculaires. L'imagerie permet de cartographier ces informations.



Voies métaboliques d'une cellule cancéreuse

L'imagerie théranostique : principe

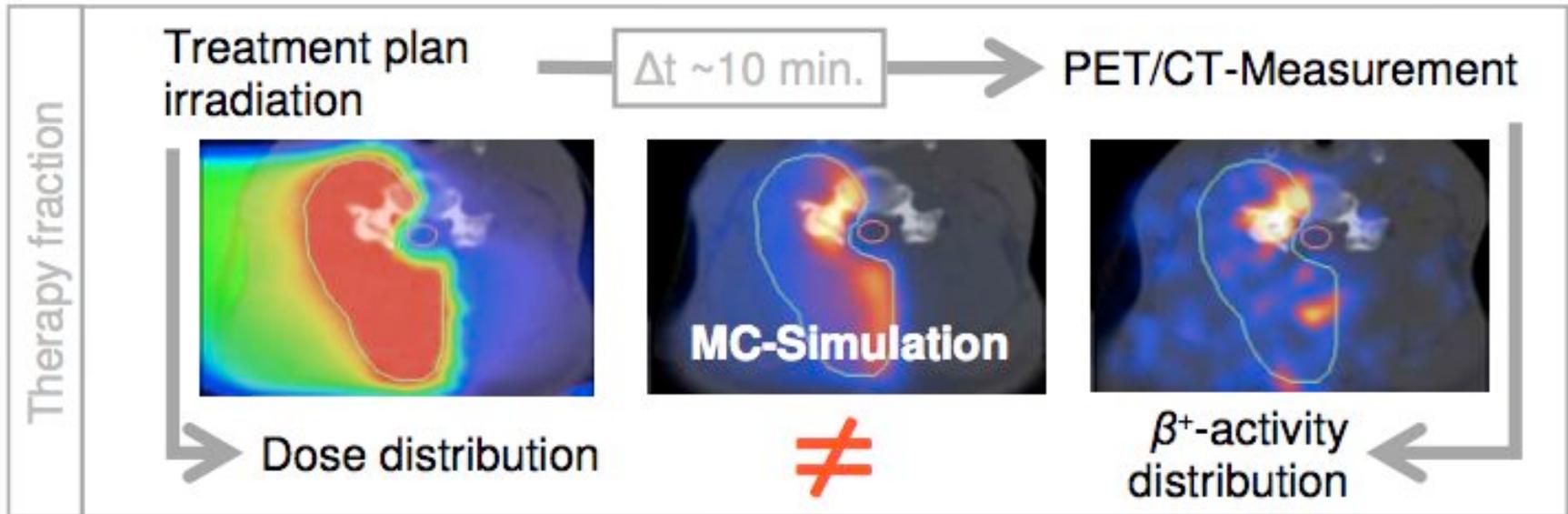
Imagerie théranostique ~ thérapie ciblée ~ médecine personnalisée



Demain : exemple

L'imagerie théranostique : extension

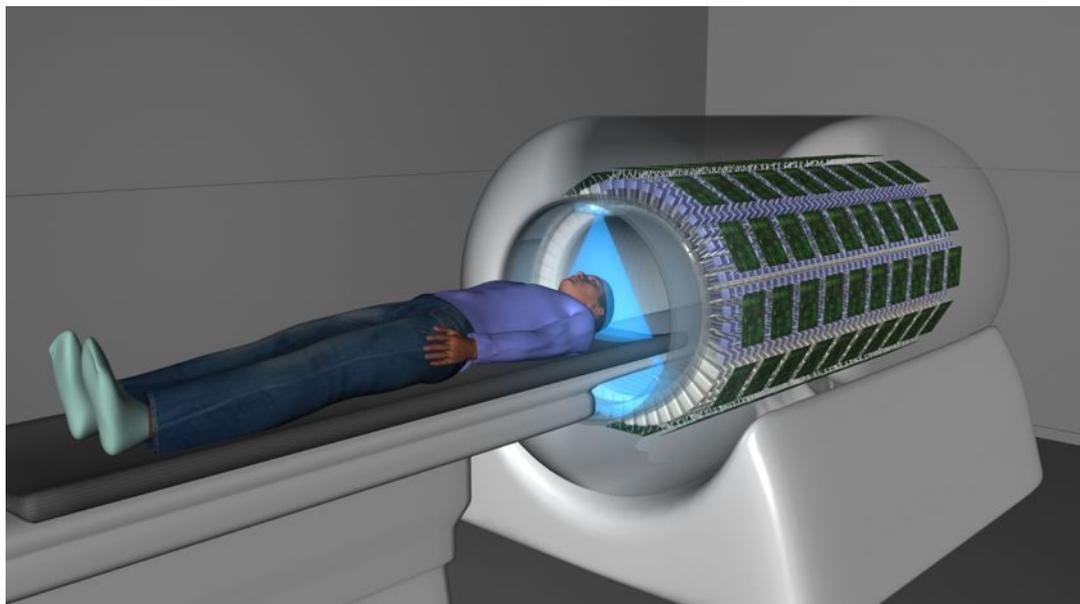
Couplage imagerie et thérapie pour contrôler la bonne délivrance du traitement



Exemple : contrôle de traitement hadronthérapie par imagerie TEP

Défis à relever

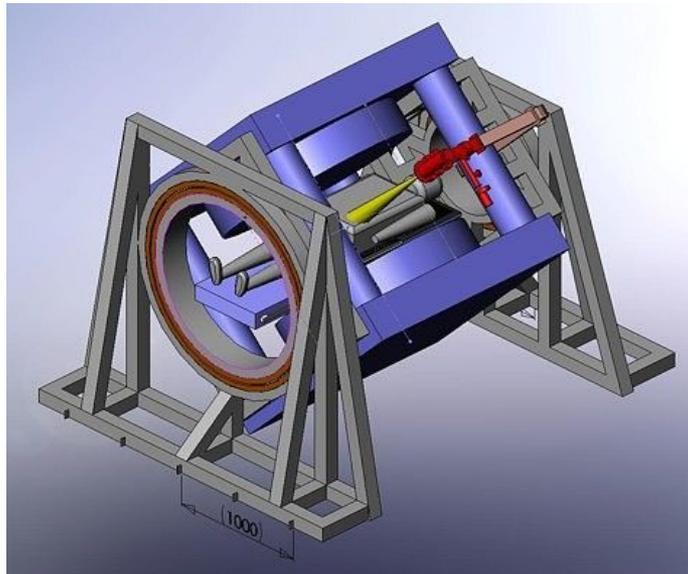
1. Identification des processus moléculaires à l'œuvre (biologie) et ciblage de ces processus (chimie, pharmacologie)
2. Instrumentaux : développer des instruments d'imagerie moléculaire très sensibles et/ou compatibles avec des appareils de traitement (eg, radiothérapie)



Exemple : Projet Explorer : TEP 40 x plus sensible que les détecteurs TEP actuels
<http://explorer.ucdavis.edu>

Défis à relever

1. Identification des processus moléculaires à l'œuvre (biologie) et ciblage de ces processus (chimie, pharmacologie)
2. Instrumentaux : développer des instruments d'imagerie moléculaire très sensibles et/ou compatible avec des appareils de traitement (radiothérapie)



Exemple : Projet Linac-MR : contrôler le positionnement via une IRM pendant le traitement : voir où on traite en temps réel

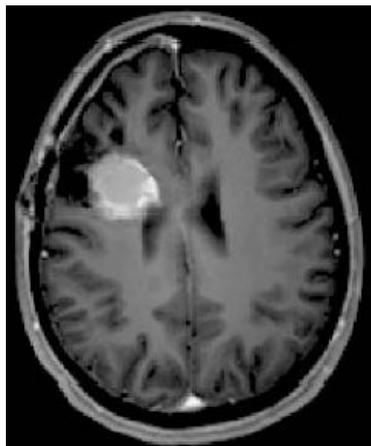
<http://www.mp.med.ualberta.ca/linac%2Dmr/index.html>

Défis à relever

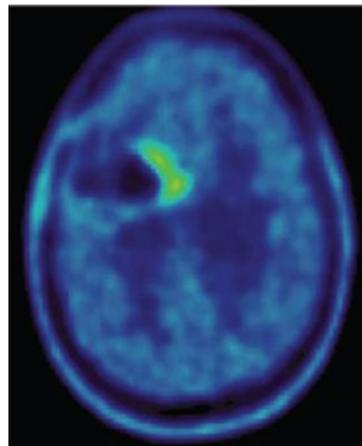
3. Analyse des données : quantification et intégration des données d'imagerie dans la planification de traitement, possiblement en temps réel

Exemples : intégration de l'hétérogénéité tumorale dans la planification de traitement en radiothérapie ?

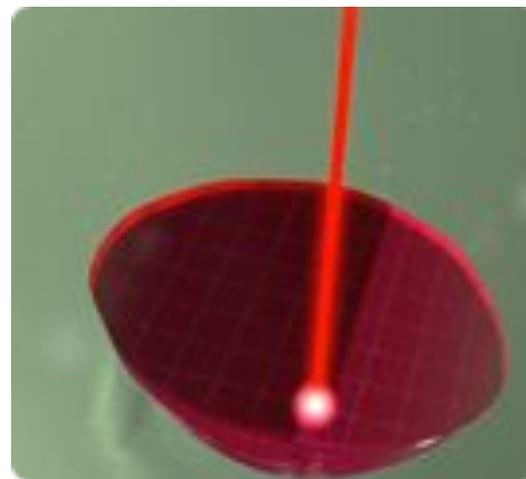
Gado T1 IRM



[¹¹C]MET TEP



Tumeur cérébrale métaboliquement hétérogène (TEP), vue à basse résolution (TEP)



Où déposer la dose par des techniques de pencil beam ?

Conclusions

L'imagerie est en pleine évolution et a donné récemment naissance à de nouveaux paradigmes : imagerie multi-modalité, imagerie multi-moléculaire, imagerie multi-physique, imagerie multi-échelle, imagerie théranostique



Les défis sont extrêmement nombreux et de multiples natures : physique (instrumentation), ingénierie, mathématiques (reconstruction d'images), analyse et fouille de données, intelligence artificielle, biologie, chimie

Merci de votre attention



"Well, yes, we could fix it in Photoshop, but your arm would still be broken."