



Évaluation du TEP/IRM temps de vol dans le bilan des cancer colorectaux

M. Soussan ^{1,2} , S. Djelbani ¹ , J. Negroni ¹ , S. Louafi ³ P. Wind ⁴ , O. Helal ⁵ , I. Buvat¹

1. IMIV, CEA-SHFJ, Orsay, France,

2. Médecine Nucléaire, Université Paris 13, Hôpital Avicenne, APHP, France,

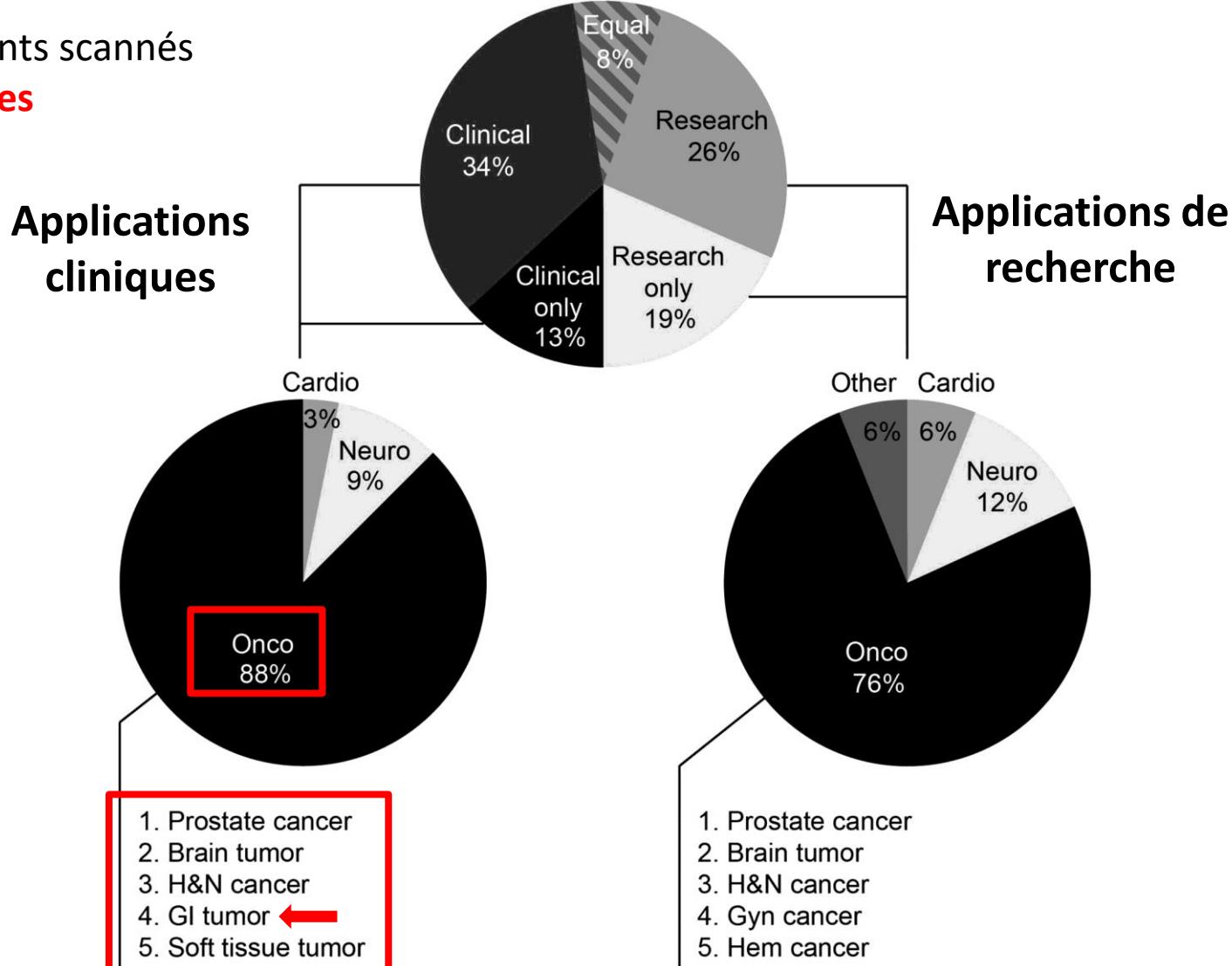
3. Oncologie, Groupe Hospitalier Nord Essonne, Hôpital de Longjumeau, Longjumeau, France,

4. Chirurgie Digestive, Université Paris 13, Hôpital Avicenne, APHP, France,

Variations in PET/MRI Operations: Results from an International Survey Among 39 Active Sites

Enquête en ligne sur les utilisateurs de TEP/IRM à travers le monde. **Juin à Octobre 2015.**

44,706 patients scannés
sur les **39 sites**



Pourquoi utiliser le TEP/IRM en oncologie digestive ?

- Limites du TEP/TDM conventionnel
 - Manque de résolution et de contraste
 - Peu de synchronisation respiratoire en routine
 - Scanner le plus souvent en respiration libre et sans injection de PDC
- L'interprétation des images en TEP FDG est parfois difficile
 - Bruit de fond hépatique et des anses digestives
 - Mouvements respiratoires et péristaltisme intestinal
 - Nécessité de détecter des lésions millimétriques (foie, péritoine)
 - Influence de l'histologie sur la captation de FDG
 - Histologie mucineuse*, TNE bien différenciées, certaines GIST
- Solution = TEP/IRM ?
 - TEP 2^{ème} génération: amélioration sensibilité, contraste et résolution spatiale
 - Simultanéité d'acquisition
 - Possibilité d'IRM multi contraste**

* Whiteford, Dis Colon Rectum (2000)

** Brendle, EJNMMI (2016)

Place actuelle du TEP FDG pour le bilan des tumeurs colorectales

Evaluation initiale	Evaluation thérapeutique	Suspicion/bilan de récidive
<p>TEP FDG discutée</p> <ul style="list-style-type: none">- dans le bilan initial (grade B)- dans la planification de la radiothérapie des cancers du rectum.	<i>En cours d'évaluation</i>	<p>TEP FDG indiquée (grade B):</p> <ul style="list-style-type: none">- en cas de suspicion de récidive si élévation de l'ACE et TDM négatif ou ambigu- en cas de récidive isolée sur TDM avec indication opératoire



TEP/IRM ?



TEP/IRM ?

Objectifs

- Evaluer les **performances** du TEP/IRM en comparaison avec les procédures conventionnelles d'imagerie: scanner, IRM, TEP/FDG dans le bilan des cancers colorectaux
- **Positionner** le TEP/IRM par rapport à la stratégie actuelle

Population

- 44 patients (24H/20F), âge moyen 61 ans
- Cancer colorectal
 - Adénocarcinome lieberkühnien 43/44
 - 1 carcinome neuro endocrine grandes cellules.
- Les patients étaient explorés pour
 - bilan initial (n=5)
 - une suspicion de récidive (n=12)
 - une évaluation post-thérapeutique (n=25).
- *TEP/IRM au FDG après stadification conventionnelle* incluant :
 - TEP/FDG (n=44), scanner abdominal injecté (n=32) et IRM Abdo (n=12).
 - Glycémie moyenne: 1,1 g/L, activité moyenne injectée: 298 MBq
 - Acquisition post injection: TEP/CT 63 min, TEP/IRM 93 min.

Evaluation clinique du système TEP/IRM (Protocole PROMISE)

Comparaison avec TEP/Scanner



PET/CT 1h post injection

- Biograph 6 TruePoint TrueV, 2007
- Sensibilité : 8,1 cps/kBq
- NECR peak : 156 kcps@31 kBq/ml
- Reconstruction sans ToF, pas de modélisation de la PSF
- Résolution: 4,1 mm × 4,7 mm



PET/MR dans la foulée

- SIGNA PET/MR, 2015
- **Sensibilité : 23,8 cps/kBq**
- NECR peak : 226 kcps@18 kBq/ml
- **Reconstruction avec ToF, avec modélisation de la PSF**
- Résolution: 4,2 mm × 6,0 mm

Protocole d'exploration

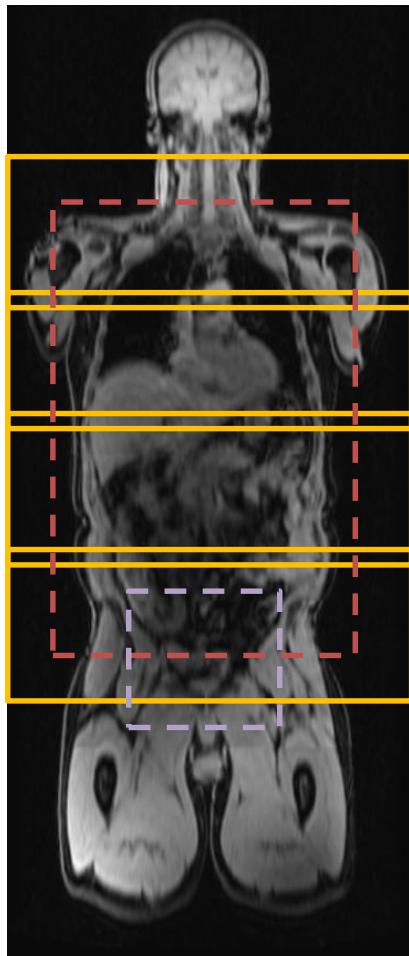
TEP/IRM TAP

+

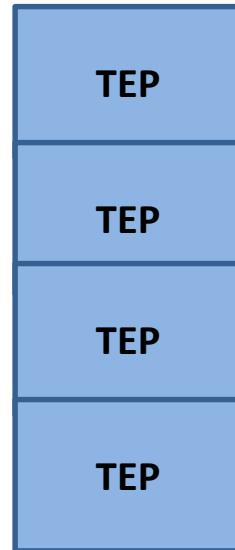
IRM localisée

IRM

Dixon Ax T2 RT + DWI



TEP
6 min/bed



Foie: LAVA
Dynamique
post-contraste



+/-

RECTUM

3 plans T2 coupes fines
(bilan initial) +/- DWI (récidive)

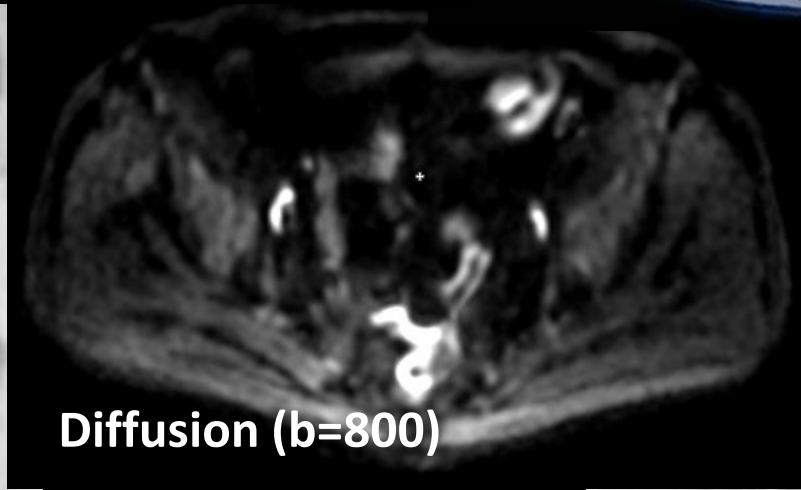
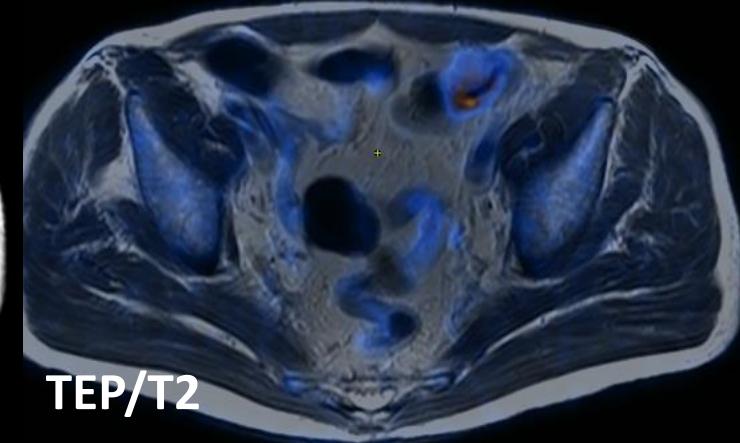
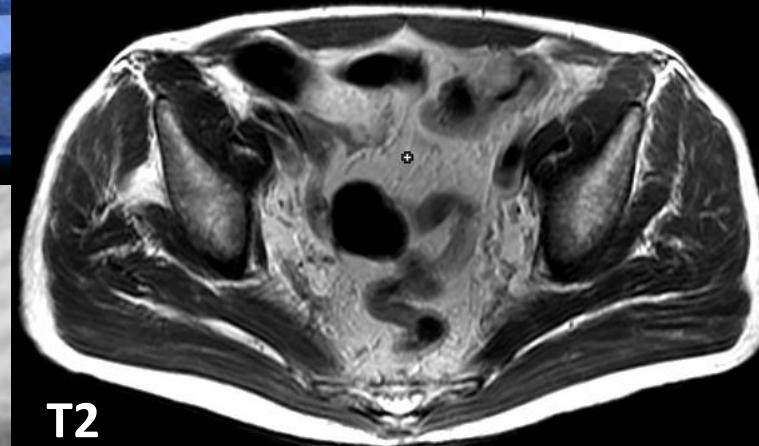
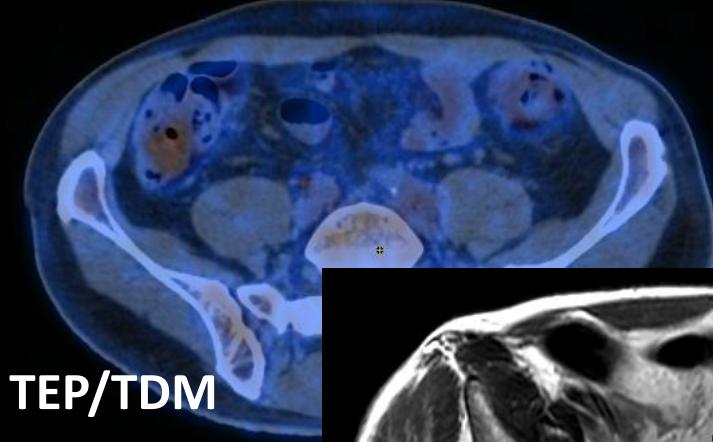
Méthodes

- Analyse rétrospective et indépendante par un couple radiologue/médecin nucléaire
 - Bilan conventionnel (TEP FDG / scanner / IRM)
 - TEP/IRM
- Critère de positivité des images en TEP/IRM
 - Fixation de FDG anormale non physiologique + anomalie IRM présente sur au moins une séquence (T2, DWI, 3D T1 post contraste)
- Analyse par patient et par secteur (foie, péritoine, gg)
- Gold standard mixte
 - Evaluation chirurgicale (n=20/44)
 - Suivi clinico radiologique (n=24/44)

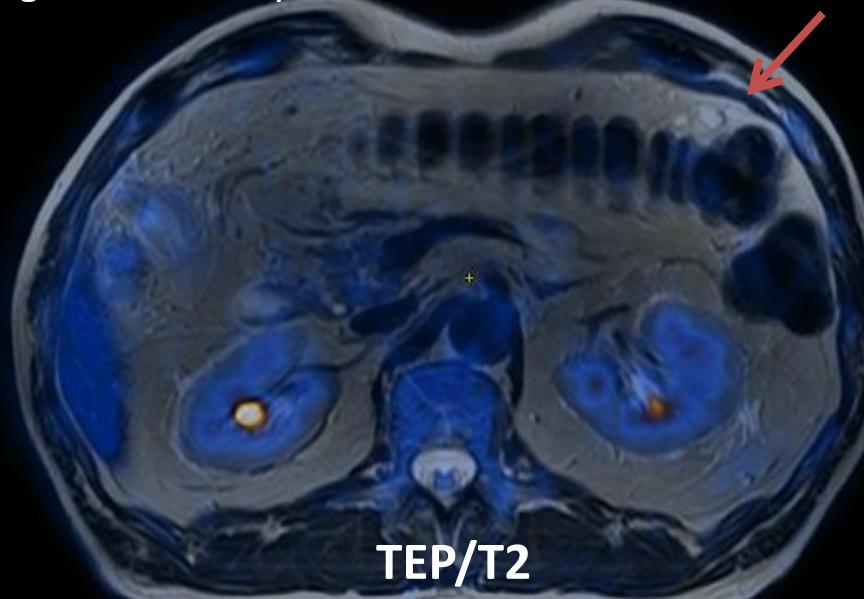
Résultats

- Analyse par patient : conventionnelle vs. TEP/IRM
 - Résultats pathologiques: **73%** (32/44) vs. **86%** (38/44)
 - **+ 6 cas pathologiques** en TEP/IRM (Vrais Positifs)
 - Carcinose péritonéale mucineuse (n=2)
 - Confirmation chirurgicale
 - Lésions résiduelles péritonéales nécrotiques non fixantes
 - Fixation nodulaire pulmonaire résiduelle
 - Fixation ganglionnaire hilare
 - progression dans le suivi
 - Fixation ovarienne
 - Confirmation chirurgicale: métastase ovarienne

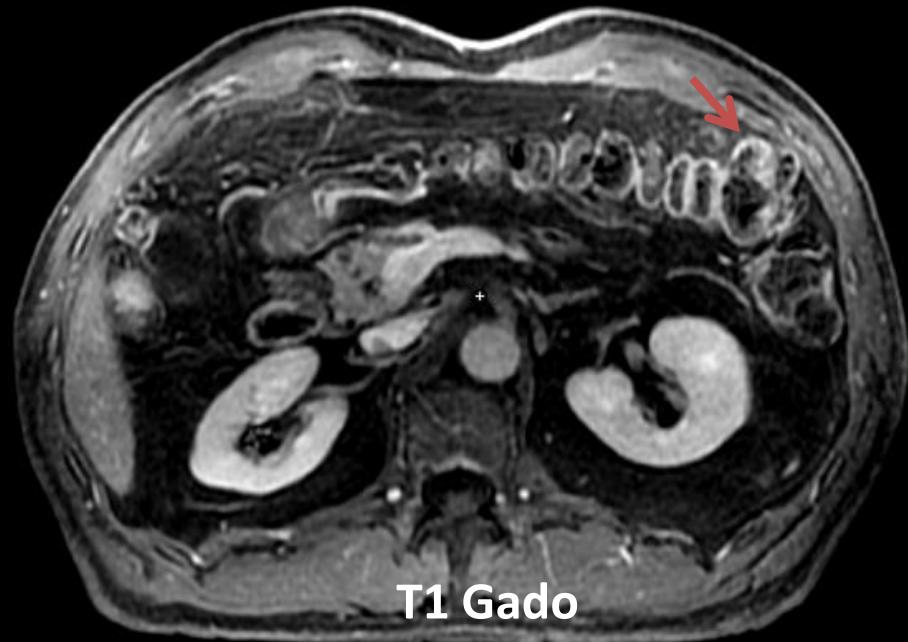
Femme de 64 ans. Bilan initial d'une lésion du sigmoïde.
Adenocarcinome colique à différenciation mucineuse.
Bilan pré chirurgical après chimiothérapie d'induction



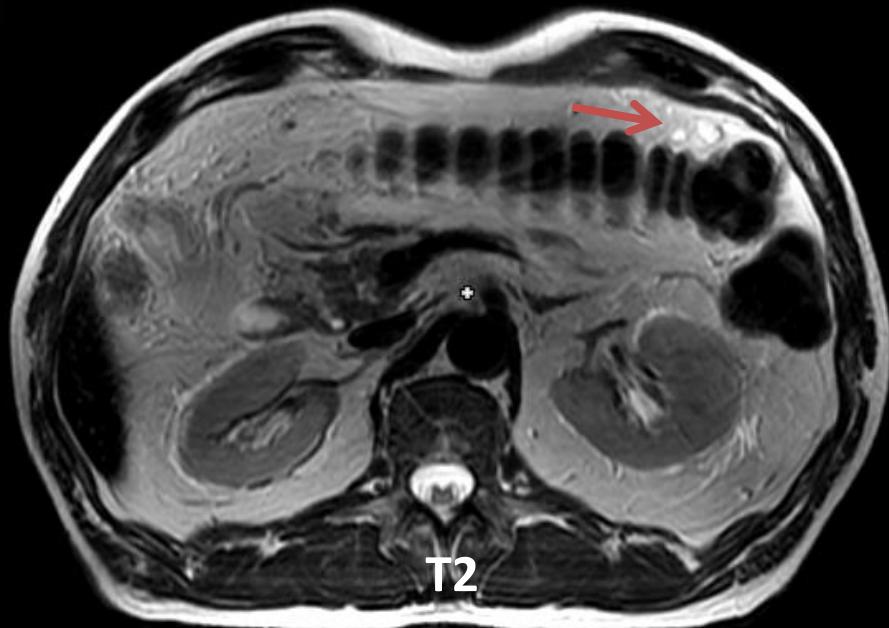
Chirurgie: exérèse la tumeur primitive et de multiples granulations péritonéales tumorales



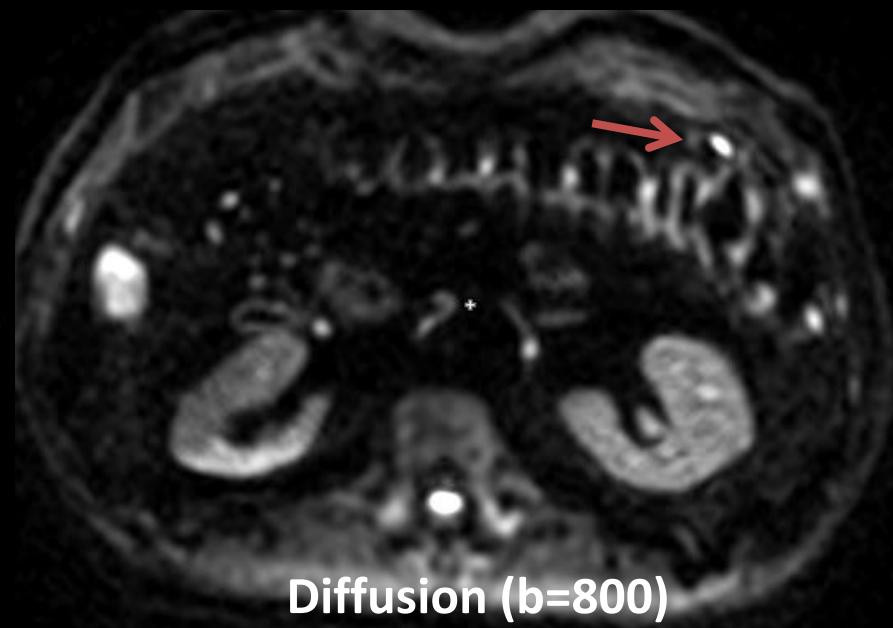
TEP/T2



T1 Gado



T2

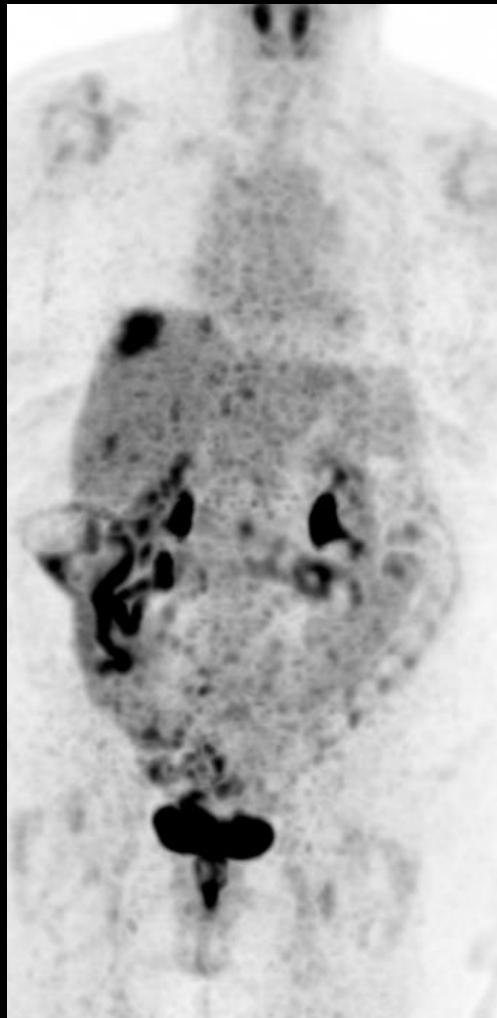


Diffusion ($b=800$)

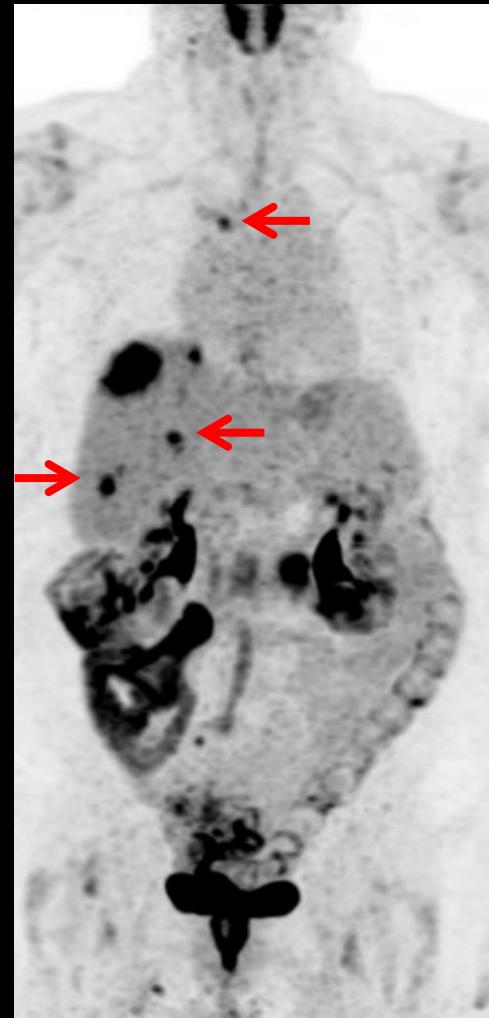
Résultats

- Analyse par patient : conventionnelle vs. TEP/IRM
- En cas de positivité des 2 approches (n=26/44)
 - **Informations supplémentaires** chez **42% des patients (11/26)**
 - **Foie**: lésions additionnelles (n=4)
 - **Péritoine**: meilleure visibilité des nodules (n=3)
 - **Ganglions AP**: meilleure visualisation (n=3) / atteinte additionnelle (n=2)

Femme de 61 ans. CCR pT3N1BM0 en 2015. Bilan d'une deuxième récidive hépatique

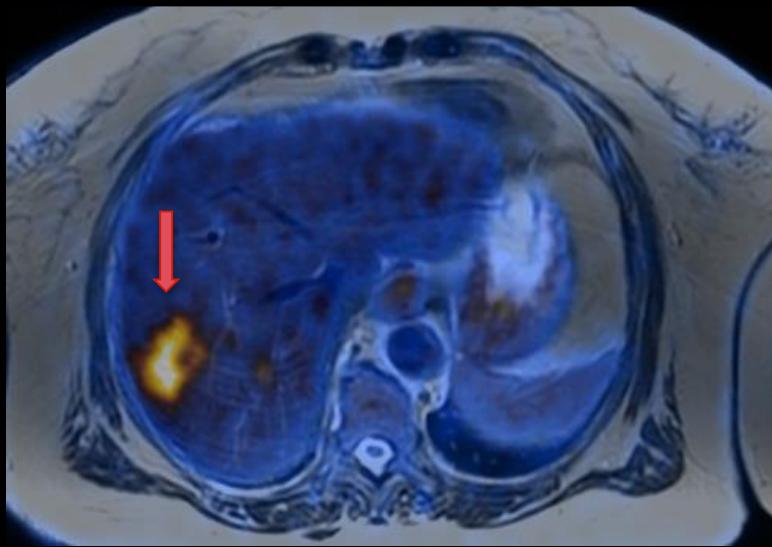
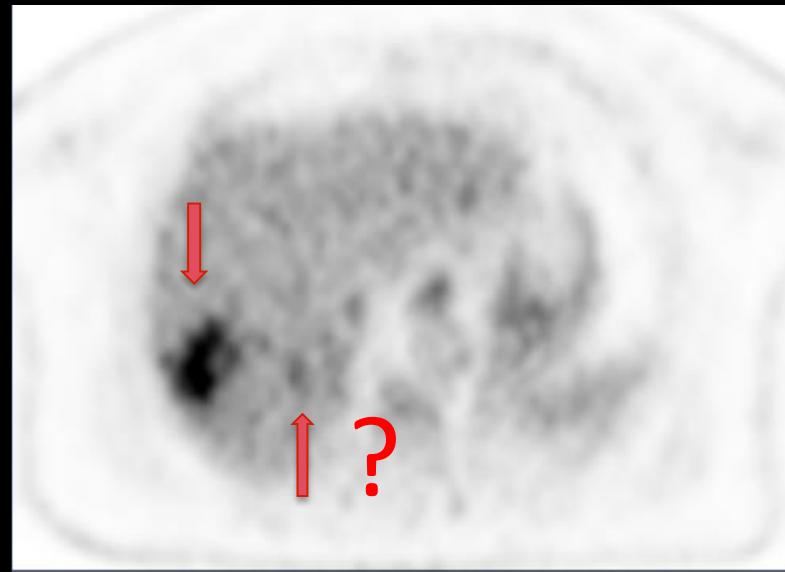


PET/CT
3 min/bed
No TOF no PSF

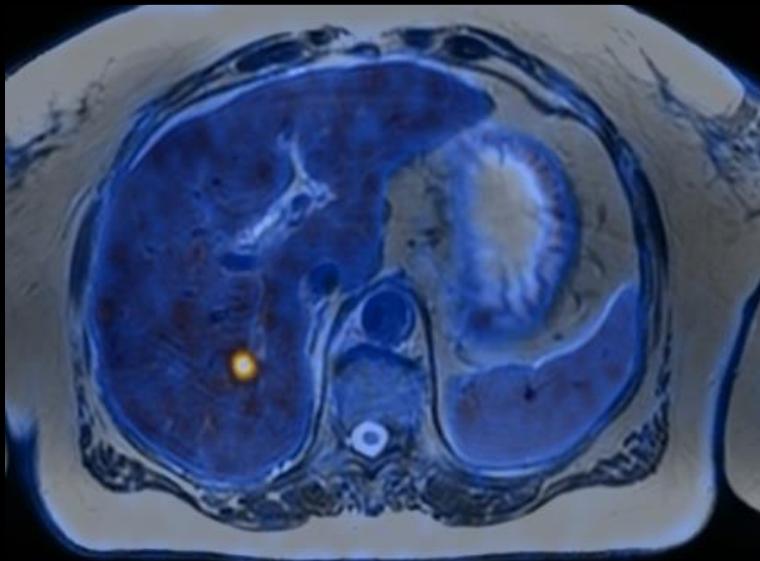
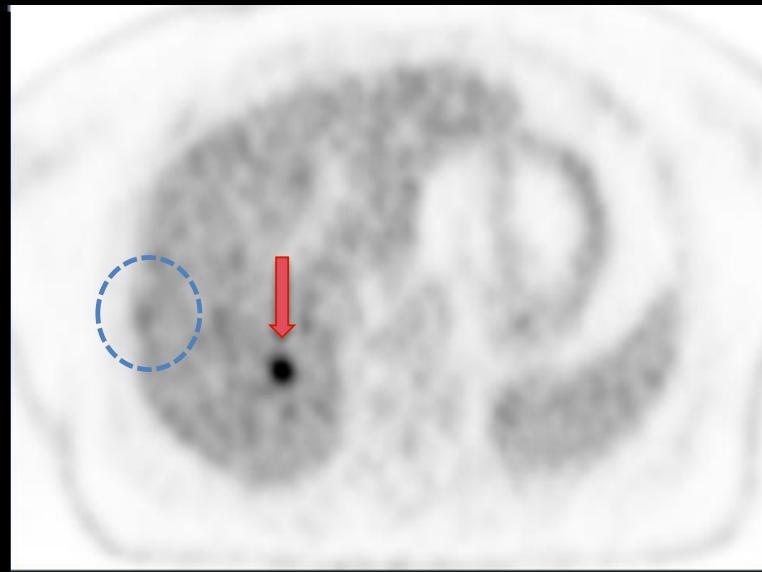
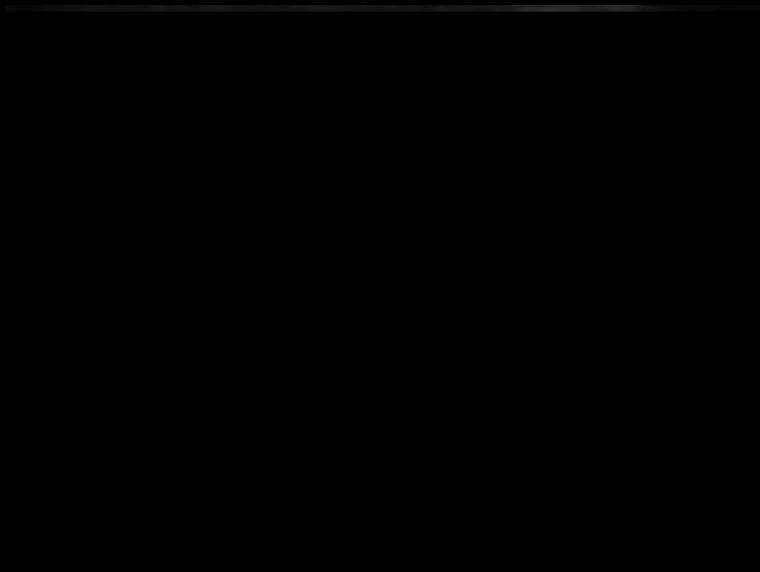


PET/MR
Recon 3 min/bed
+ TOF + PSF

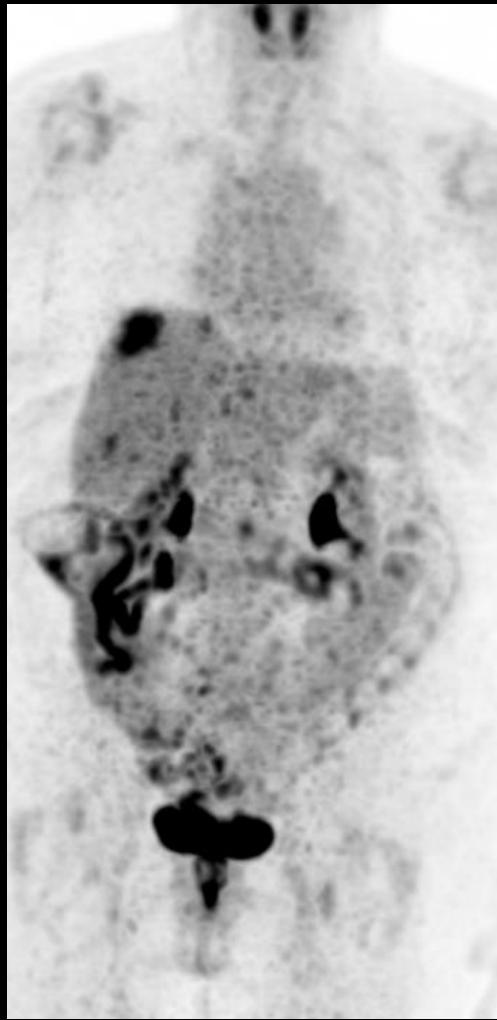
Femme de 61 ans. CCR pT3N1BM0 en 2015. Bilan d'une deuxième récidive hépatique



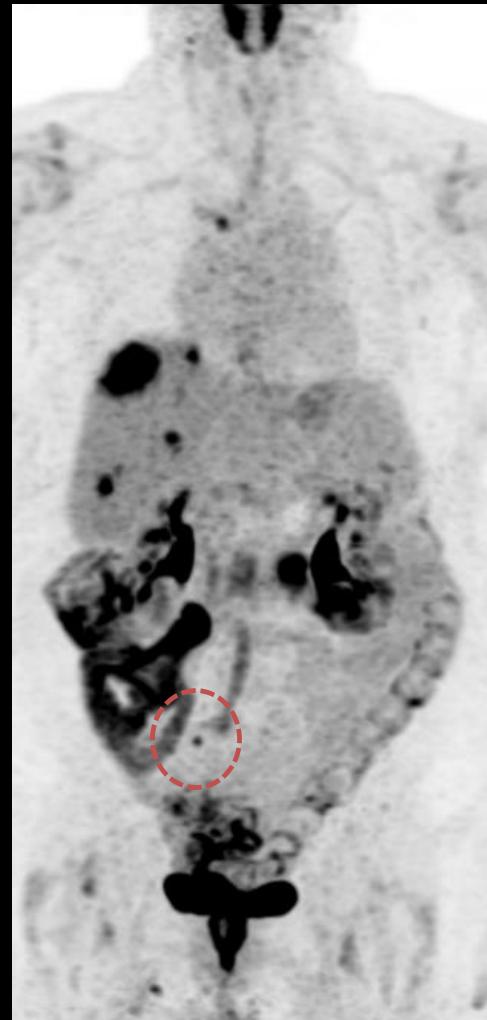
Femme de 61 ans. CCR pT3N1BM0 en 2015. Bilan d'une deuxième récidive hépatique



Femme de 61 ans. CCR pT3N1BM0 en 2015. Bilan d'une deuxième récidive hépatique

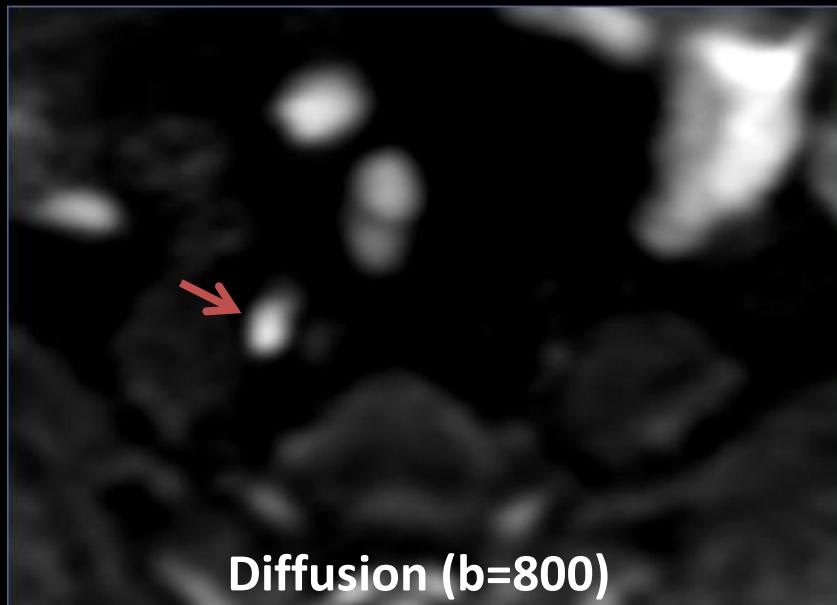


PET/CT
3 min/bed
No TOF no PSF

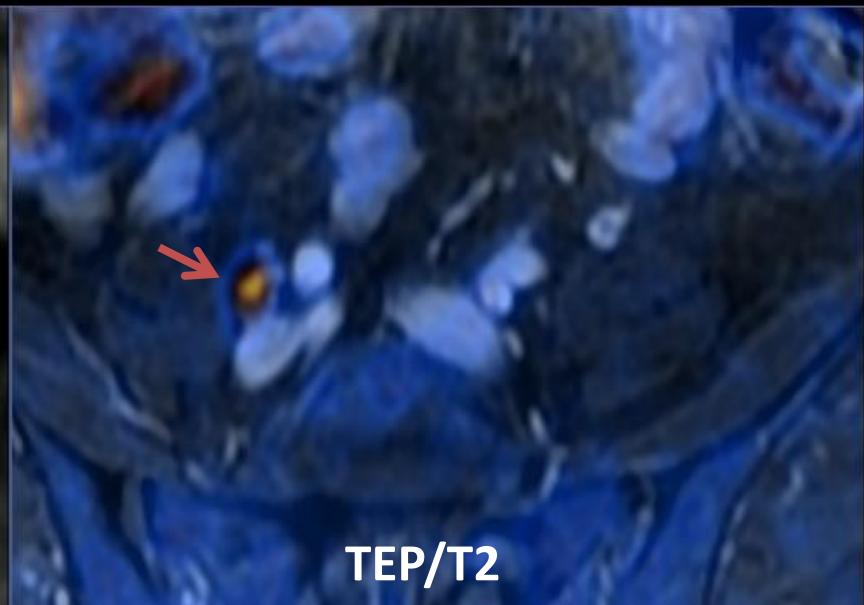


PET/MR
3 min/bed
+ TOF + PSF

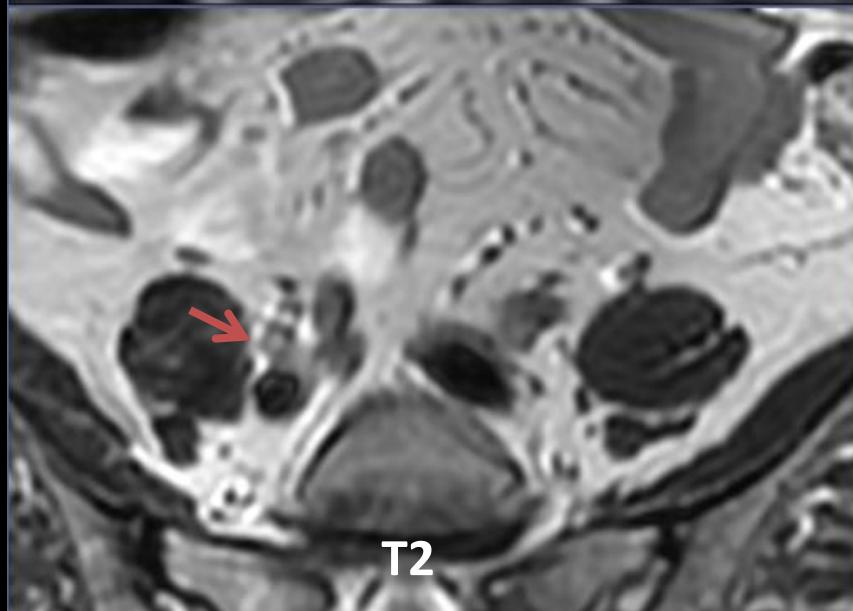
Femme de 61 ans. CCR pT3N1BM0 en 2015. Bilan d'une deuxième récidive hépatique



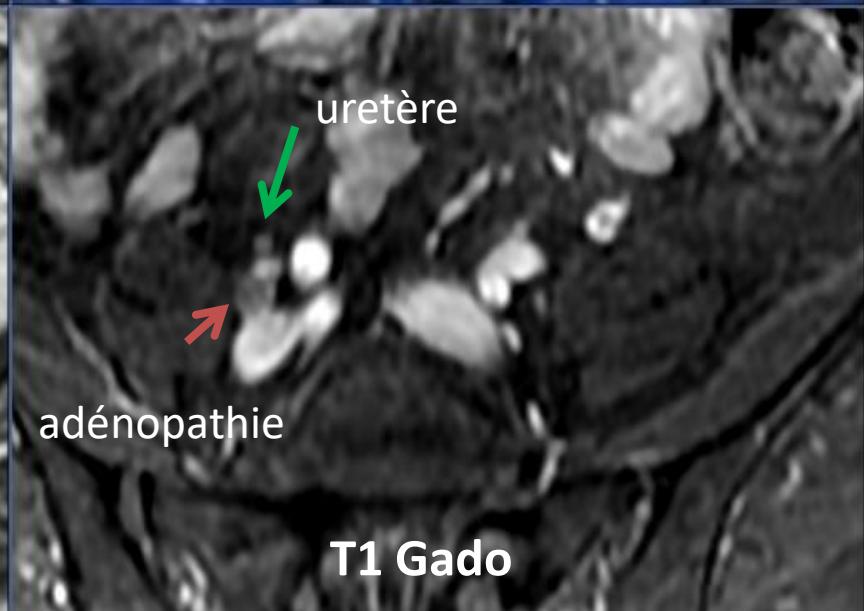
Diffusion ($b=800$)



TEP/T2



T2



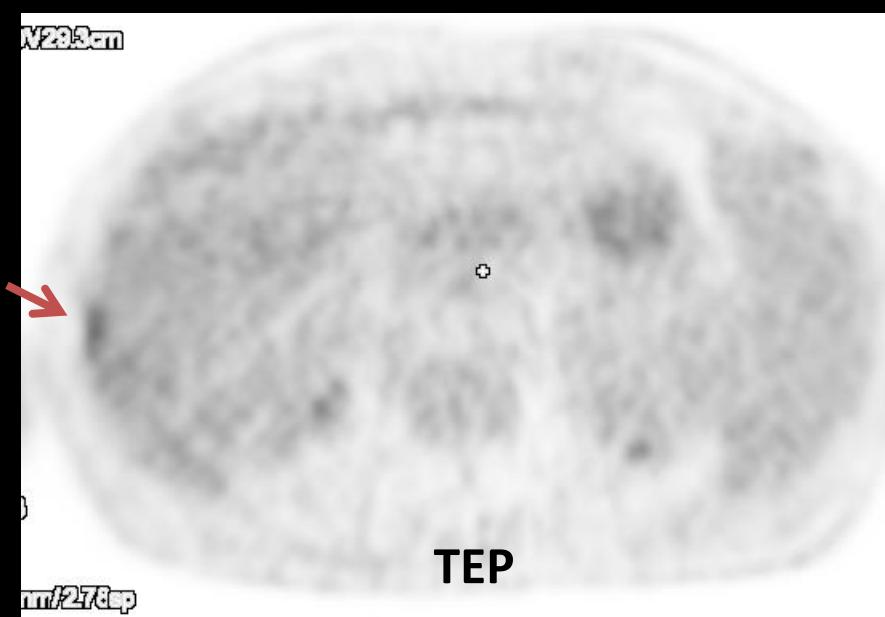
adénopathie

T1 Gado

Homme de 39 ans. ADK colon droit en 2015. Suspicion de récidive.



V29.3cm



TEP

n/27.8sp

0.4

V29.3cm

ExFeb 19



Diffusion ($b=800$)

5.7mm/1.7cm

29.3cm

1.99

00

PET

n/27.8sp

TEP/T2

1

/29.3cm

4.0mm/3.0cm

1.0mm/1.0cm

0.5mm/0.5cm

0.25mm/0.25cm

0.1mm/0.1cm

0.05mm/0.05cm

0.025mm/0.025cm

0.01mm/0.01cm

0.005mm/0.005cm

0.0025mm/0.0025cm

0.001mm/0.001cm

0.0005mm/0.0005cm

0.00025mm/0.00025cm

0.0001mm/0.0001cm

0.00005mm/0.00005cm

0.000025mm/0.000025cm

0.00001mm/0.00001cm

0.000005mm/0.000005cm

0.0000025mm/0.0000025cm

0.000001mm/0.000001cm

0.0000005mm/0.0000005cm

0.00000025mm/0.00000025cm

0.0000001mm/0.0000001cm

0.00000005mm/0.00000005cm

0.000000025mm/0.000000025cm

0.00000001mm/0.00000001cm

0.000000005mm/0.000000005cm

0.0000000025mm/0.0000000025cm

0.000000001mm/0.000000001cm

0.0000000005mm/0.0000000005cm

0.00000000025mm/0.00000000025cm

0.0000000001mm/0.0000000001cm

0.00000000005mm/0.00000000005cm

0.000000000025mm/0.000000000025cm

0.00000000001mm/0.00000000001cm

0.000000000005mm/0.000000000005cm

0.0000000000025mm/0.0000000000025cm

0.000000000001mm/0.000000000001cm

0.0000000000005mm/0.0000000000005cm

0.00000000000025mm/0.00000000000025cm

0.0000000000001mm/0.0000000000001cm

0.00000000000005mm/0.00000000000005cm

0.000000000000025mm/0.000000000000025cm

0.00000000000001mm/0.00000000000001cm

0.000000000000005mm/0.000000000000005cm

0.0000000000000025mm/0.0000000000000025cm

0.000000000000001mm/0.000000000000001cm

0.0000000000000005mm/0.0000000000000005cm

0.00000000000000025mm/0.00000000000000025cm

0.0000000000000001mm/0.0000000000000001cm

0.00000000000000005mm/0.00000000000000005cm

0.000000000000000025mm/0.000000000000000025cm

0.00000000000000001mm/0.00000000000000001cm

0.000000000000000005mm/0.000000000000000005cm

0.0000000000000000025mm/0.0000000000000000025cm

0.000000000000000001mm/0.000000000000000001cm

0.0000000000000000005mm/0.0000000000000000005cm

0.00000000000000000025mm/0.00000000000000000025cm

0.0000000000000000001mm/0.0000000000000000001cm

0.00000000000000000005mm/0.00000000000000000005cm

0.000000000000000000025mm/0.000000000000000000025cm

0.00000000000000000001mm/0.00000000000000000001cm

0.000000000000000000005mm/0.000000000000000000005cm

0.0000000000000000000025mm/0.0000000000000000000025cm

0.000000000000000000001mm/0.000000000000000000001cm

0.0000000000000000000005mm/0.0000000000000000000005cm

0.00000000000000000000025mm/0.00000000000000000000025cm

0.0000000000000000000001mm/0.0000000000000000000001cm

0.00000000000000000000005mm/0.00000000000000000000005cm

0.000000000000000000000025mm/0.000000000000000000000025cm

0.00000000000000000000001mm/0.00000000000000000000001cm

0.000000000000000000000005mm/0.000000000000000000000005cm

0.0000000000000000000000025mm/0.0000000000000000000000025cm

0.000000000000000000000001mm/0.000000000000000000000001cm

0.0000000000000000000000005mm/0.0000000000000000000000005cm

0.00000000000000000000000025mm/0.00000000000000000000000025cm

0.0000000000000000000000001mm/0.0000000000000000000000001cm

0.00000000000000000000000005mm/0.00000000000000000000000005cm

0.000000000000000000000000025mm/0.000000000000000000000000025cm

0.00000000000000000000000001mm/0.00000000000000000000000001cm

0.000000000000000000000000005mm/0.000000000000000000000000005cm

0.0000000000000000000000000025mm/0.0000000000000000000000000025cm

0.000000000000000000000000001mm/0.000000000000000000000000001cm

0.0000000000000000000000000005mm/0.0000000000000000000000000005cm

0.00000000000000000000000000025mm/0.00000000000000000000000000025cm

0.0000000000000000000000000001mm/0.0000000000000000000000000001cm

0.00000000000000000000000000005mm/0.00000000000000000000000000005cm

0.000000000000000000000000000025mm/0.000000000000000000000000000025cm

0.00000000000000000000000000001mm/0.00000000000000000000000000001cm

0.000000000000000000000000000005mm/0.000000000000000000000000000005cm

0.0000000000000000000000000000025mm/0.0000000000000000000000000000025cm

0.000000000000000000000000000001mm/0.000000000000000000000000000001cm

0.0000000000000000000000000000005mm/0.0000000000000000000000000000005cm

0.00000000000000000000000000000025mm/0.00000000000000000000000000000025cm

0.0000000000000000000000000000001mm/0.0000000000000000000000000000001cm

0.00000000000000000000000000000005mm/0.00000000000000000000000000000005cm

0.000000000000000000000000000000025mm/0.000000000000000000000000000000025cm

0.00000000000000000000000000000001mm/0.00000000000000000000000000000001cm

0.000000000000000000000000000000005mm/0.000000000000000000000000000000005cm

0.0000000000000000000000000000000025mm/0.0000000000000000000000000000000025cm

0.000000000000000000000000000000001mm/0.000000000000000000000000000000001cm

0.0000000000000000000000000000000005mm/0.0000000000000000000000000000000005cm

0.00000000000000000000000000000000025mm/0.00000000000000000000000000000000025cm

0.0000000000000000000000000000000001mm/0.0000000000000000000000000000000001cm

0.00000000000000000000000000000000005mm/0.00000000000000000000000000000000005cm

0.000000000000000000000000000000000025mm/0.000000000000000000000000000000000025cm

0.00000000000000000000000000000000001mm/0.00000000000000000000000000000000001cm

0.000000000000000000000000000000000005mm/0.000000000000000000000000000000000005cm

0.0000000000000000000000000000000000025mm/0.0000000000000000000000000000000000025cm

0.000000000000000000000000000000000001mm/0.000000000000000000000000000000000001cm

0.0000000000000000000000000000000000005mm/0.0000000000000000000000000000000000005cm

0.00000000000000000000000000000000000025mm/0.00000000000000000000000000000000000025cm

0.0000000000000000000000000000000000001mm/0.0000000000000000000000000000000000001cm

0.00000000000000000000000000000000000005mm/0.00000000000000000000000000000000000005cm

0.000000000000000000000000000000000000025mm/0.000000000000000000000000000000000000025cm

0.00000000000000000000000000000000000001mm/0.00000000000000000000000000000000000001cm

0.000000000000000000000000000000000000005mm/0.000000000000000000000000000000000000005cm

0.0000000000000000000000000000000000000025mm/0.0000000000000000000000000000000000000025cm

0.000000000000000000000000000000000000001mm/0.000000000000000000000000000000000000001cm

0.0000000000000000000000000000000000000005mm/0.0000000000000000000000000000000000000005cm

0.00000000000000000000000000000000000000025mm/0.00000000000000000000000000000000000000025cm

0.0000000000000000000000000000000000000001mm/0.0000000000000000000000000000000000000001cm

0.005mm/0.005cm

0.0025mm/0.0025cm

0.001mm/0.001cm

0.0005mm/0.0005cm

0.00025mm/0.00025cm

0.0001mm/0.0001cm

0.005mm/0.005cm

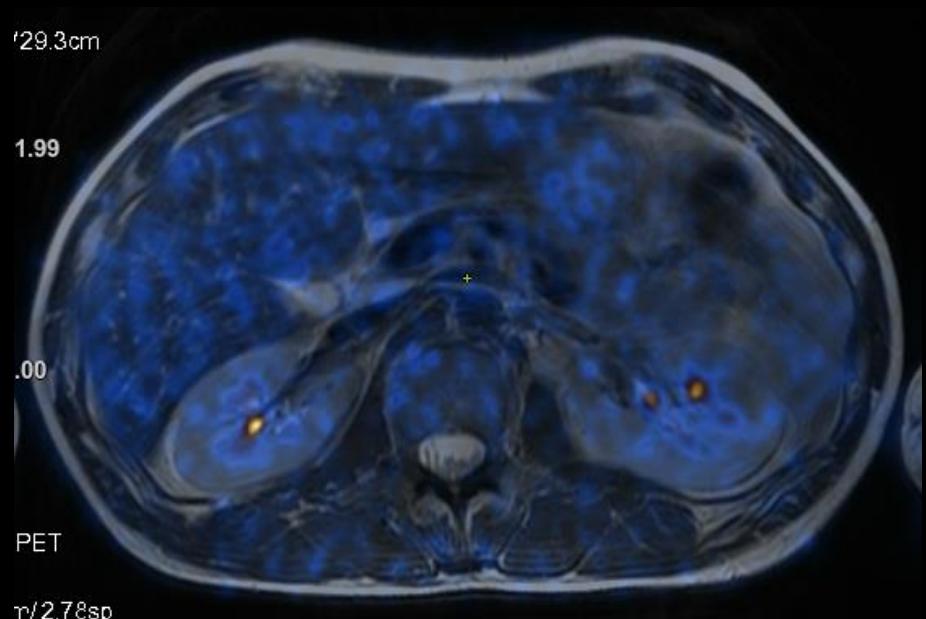
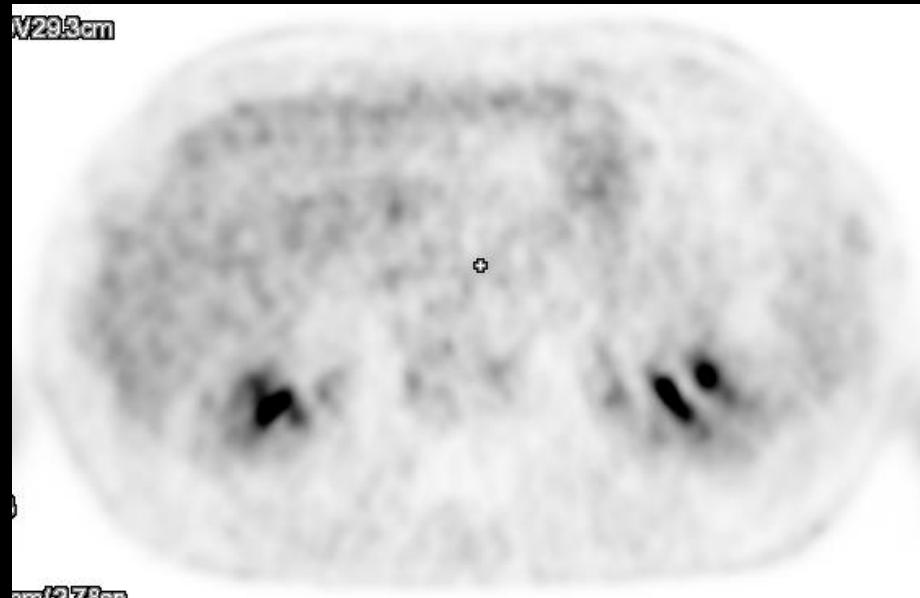
0.0025mm/0.0025cm

0.001mm/0.001cm

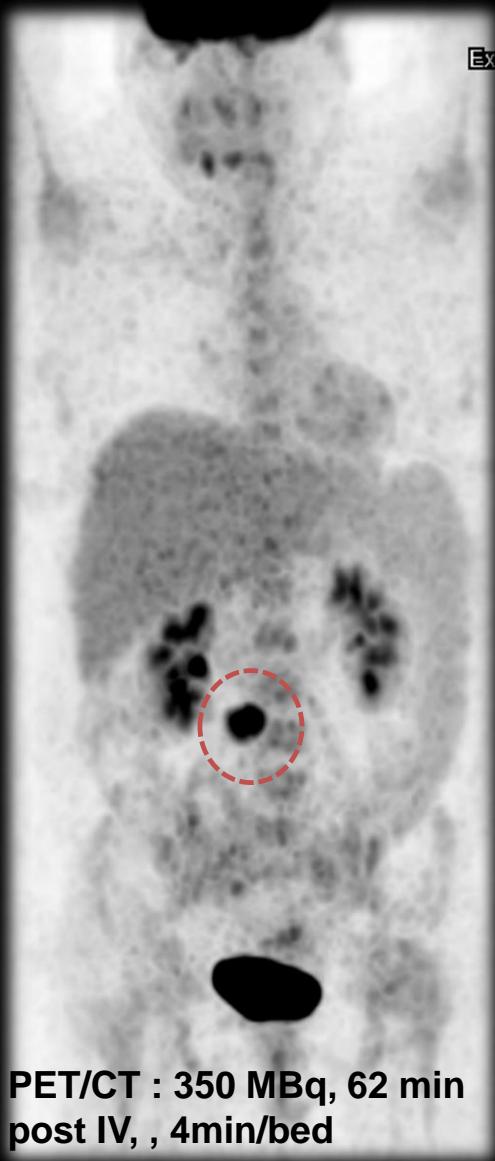
0.0005mm/0.0005cm

0.0025mm/0.0

Chirurgie: carcinose péri hépatique



43 yo woman. CRC treated one year earlier by surgery and RF on 2 liver mets. Restaging.



Conclusions

1. TEP/IRM = modalité d'imagerie hybride **technologiquement mature**
2. Intègre un grand nombre **d'avancées technologiques**
 - Amélioration de la sensibilité, du contraste et de la résolution des images
3. Possibilité de réaliser des **bilans en 45 minutes**
 - Combinant examen corps entier + IRM ciblée (foie, pancréas, pelvis)
 - Meilleur confort pour le patient, interprétation facilitée pour le médecin, et une optimisation de la prise en charge médicale des patients sont possibles
4. En oncologie digestive, **amélioration des performances du TEP**
 - Augmentation de la confiance diagnostique
 - Diminution des incertitudes diagnostiques, notamment les faux négatifs
5. Définir +++
 - **Place dans le parcours de soin:** bilans des récidives, évaluation thérapeutique ?
 - **Viabilité économique ?**



Évaluation du TEP/IRM temps de vol dans le bilan des cancer colorectaux

M. Soussan ^{1,2} , S. Djelbani ¹ , J. Negroni ¹ , S. Louafi ³ P. Wind ⁴ , O. Helal ⁵ , I. Buvat¹

1. IMIV, CEA-SHFJ, Orsay, France,

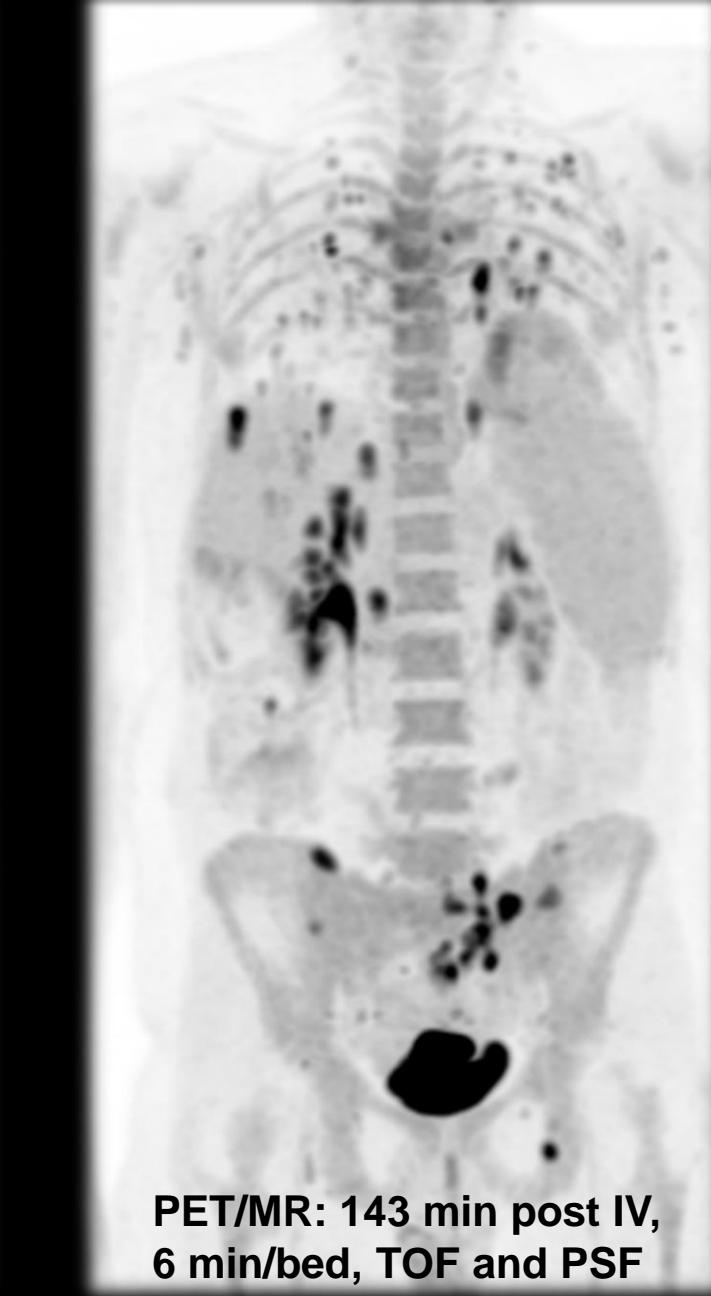
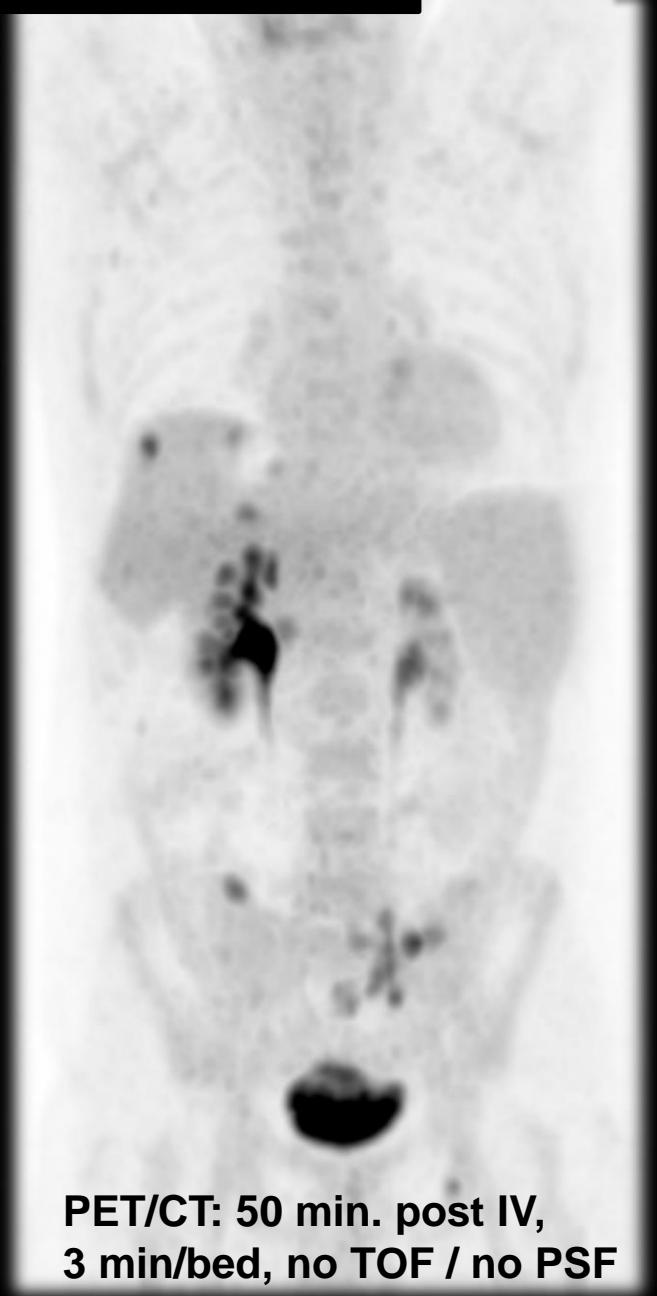
2. Médecine Nucléaire, Université Paris 13, Hôpital Avicenne, APHP, France,

3. Oncologie, Groupe Hospitalier Nord Essonne, Hôpital de Longjumeau, Longjumeau, France,

4. Chirurgie Digestive, Université Paris 13, Hôpital Avicenne, APHP, France,

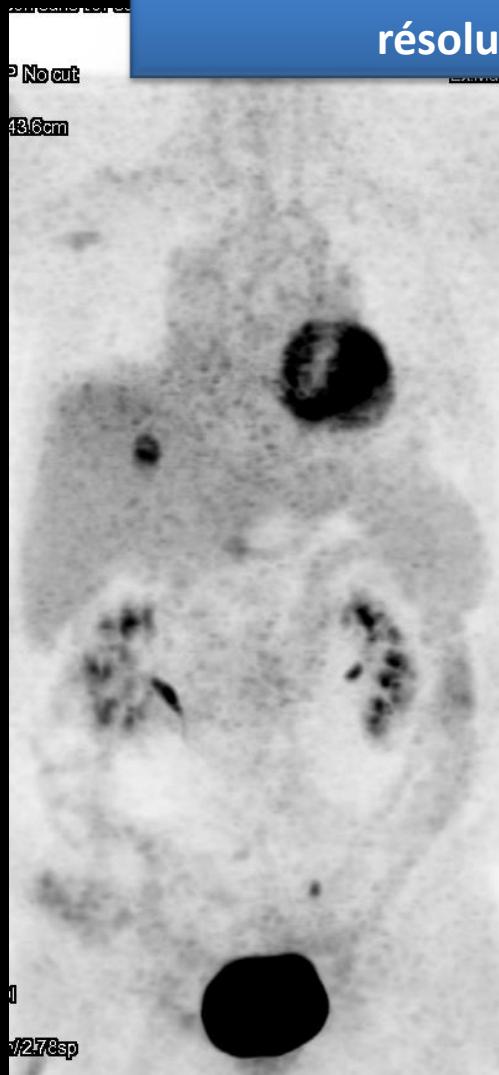
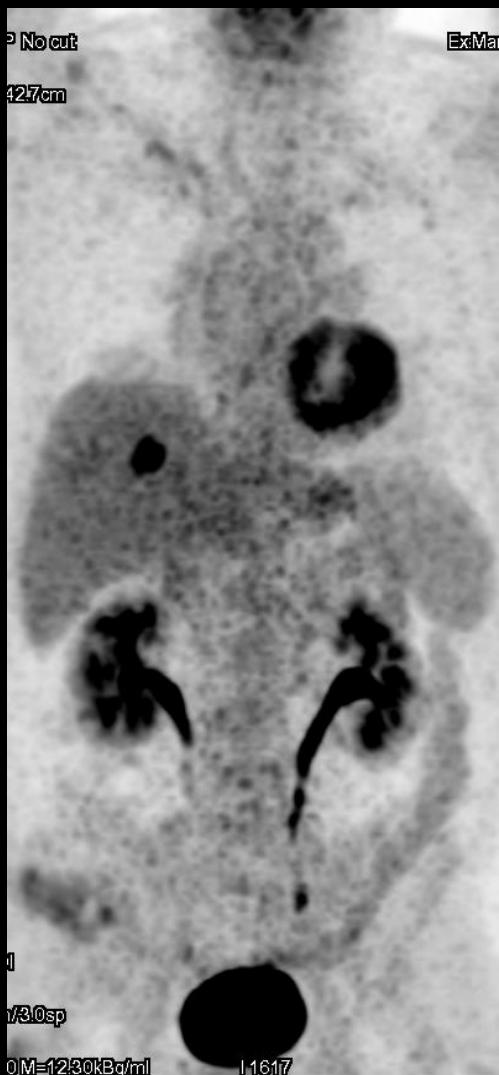
Homme de 64 ans. CCR. Récidive

Amélioration de la sensibilité du système



Homme de 58 ans. CCR. Bilan initial.

Amélioration du contraste et de la
résolution spatiale



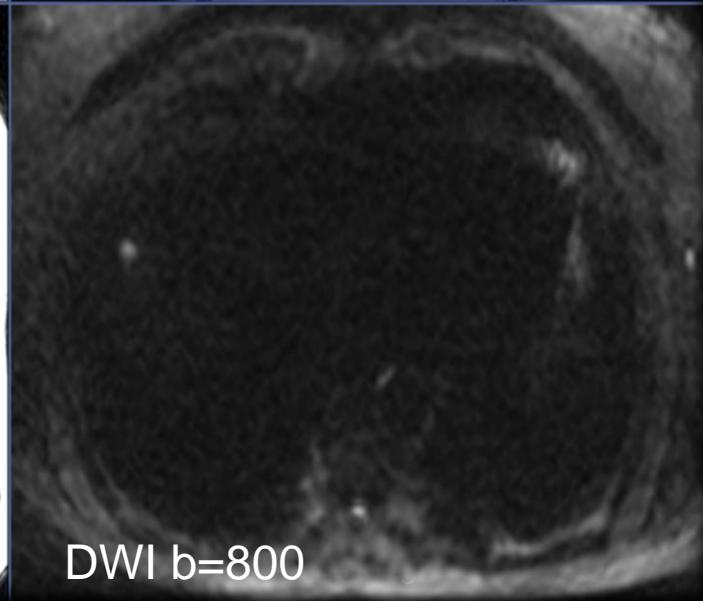
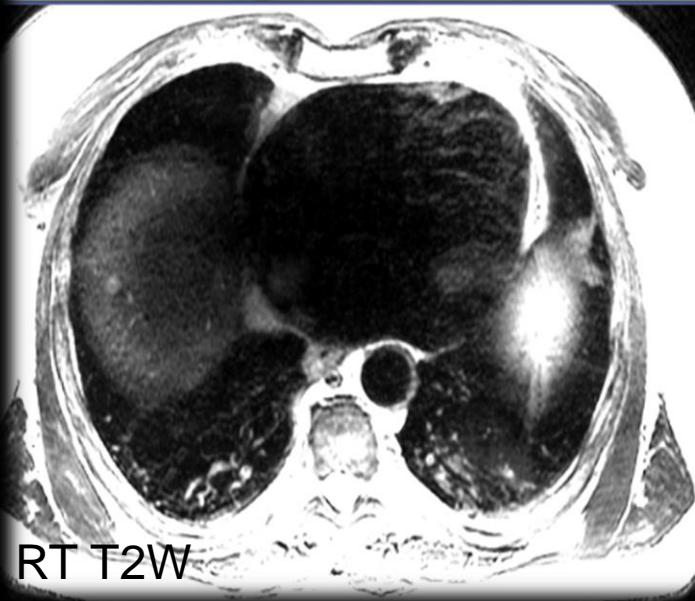
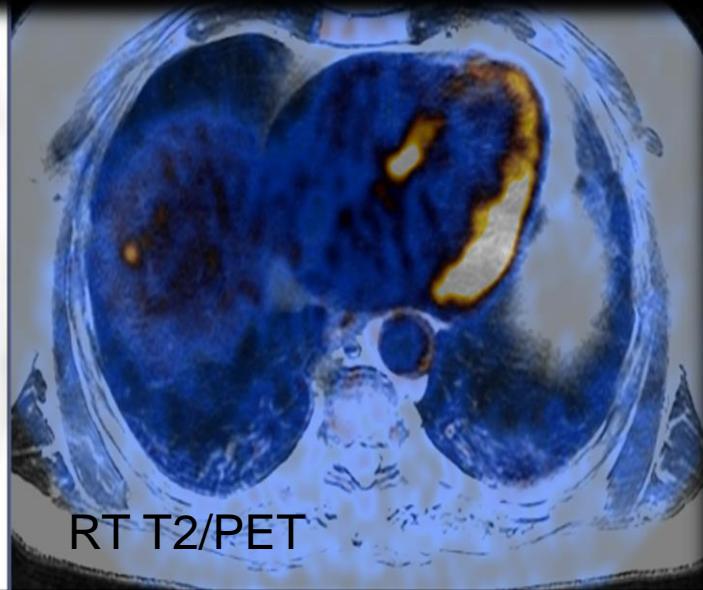
PET/CT 60 min
3 min/bed
No TOF no PSF

PET/MR
5 min/bed
No TOF no PSF

PET/MR
5 min/bed
+ TOF + PSF

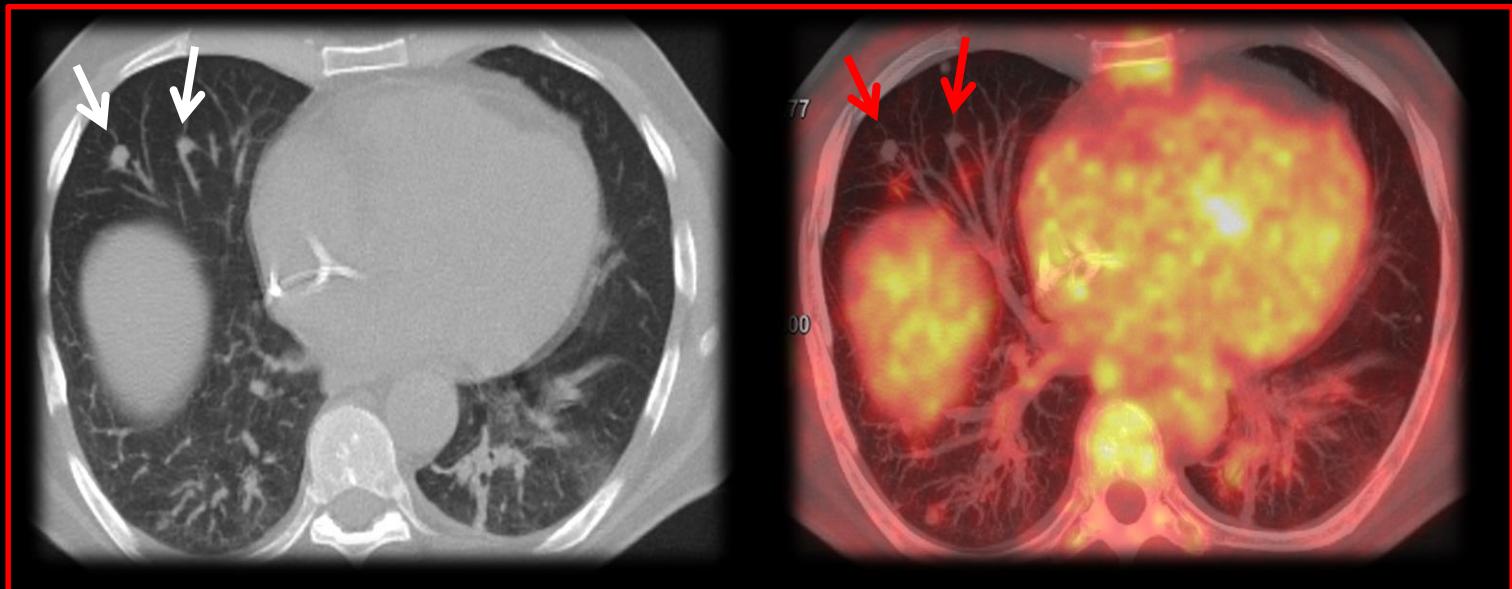
Homme de 58 ans. CCR. Bilan initial.

Confirmation de la lésion du dôme hépatique par IRM

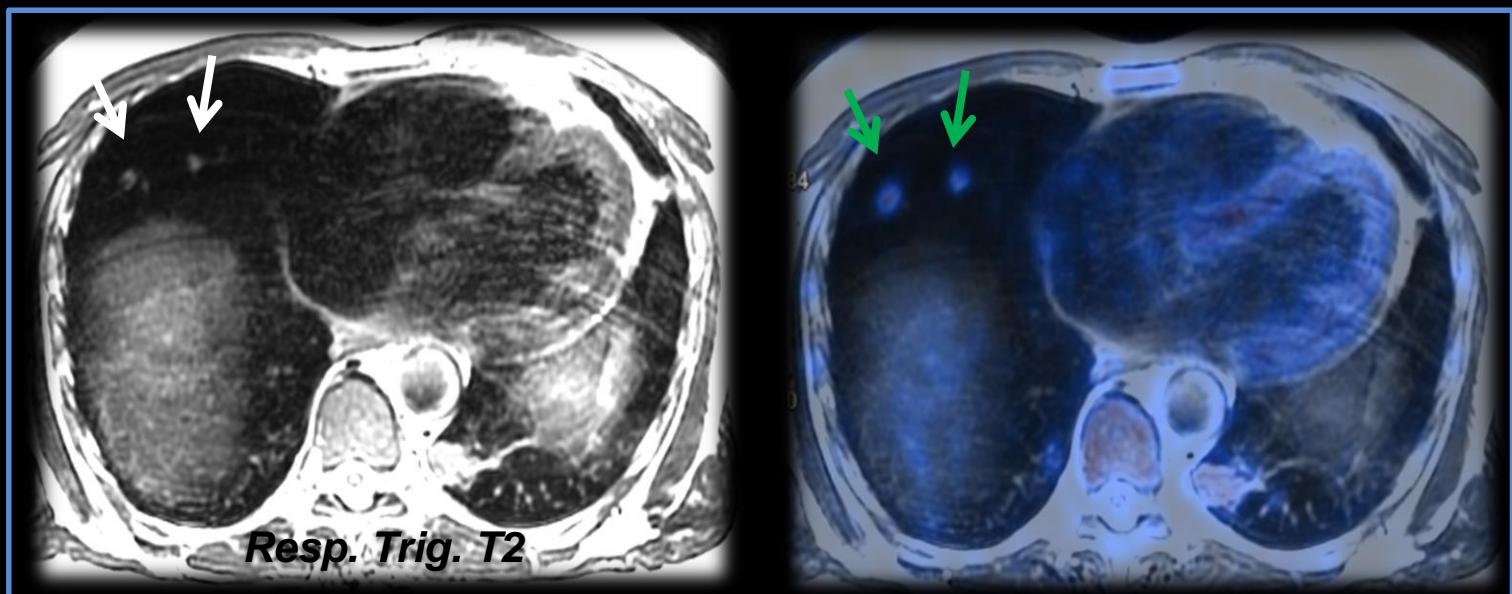


Amélioration du recalage des images

TEP/TDM



TEP/IRM



Littérature TEP/IRM

Focus sur les bilans de cancers digestifs

- Amélioration de la déetectabilité lésionnelle
 - 32 pts, bilan hépatique de tumeurs solides: TEP/IRM > TEP/CT (Beiderwellen, Plos one, 2015)
 - 18 pts, récidives CCR*: TEP/IRM > TEP et IRM seules (Soussan, EJNMMI, 2016)
- Amélioration de l'exactitude diagnostique
 - 180 lésions (15 pts, CCR M+): TEP/IRM > TEP/CT ou IRM (Brendle, EJNMMI, 2016)
 - 98 lésions (55 pts, CCR M+): TEP/IRM > TEP/CT mais pas supérieur à l'IRM avec PDC hépato spécifique (Lee, Radiology, 2016)
- Amélioration du niveau de confiance diagnostique
 - En comparaison avec TEP ou IRM seules:
 - Pour le diagnostic de métastases hépatiques (Soussan, EJNMMI, 2016)
 - Pour les lésions hépatiques et péritonéales (Brendle, EJNMMI, 2016)

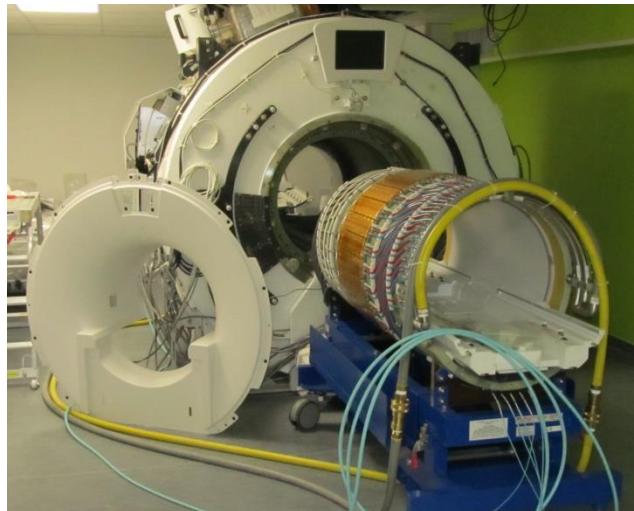
* Cancer colorectal

TEP/IRM: 3 générations de systèmes

1. Mode séquentiel (Philips)
2. Mode hybride simultané sans Temps de vol (Siemens)
3. **Mode hybride simultané avec Temps de vol (GE)**
 - **2 systèmes installés en France (CEA-SHFJ et Pitié)**



IRM 3T



Insert TEP
FOV axial 25 cm



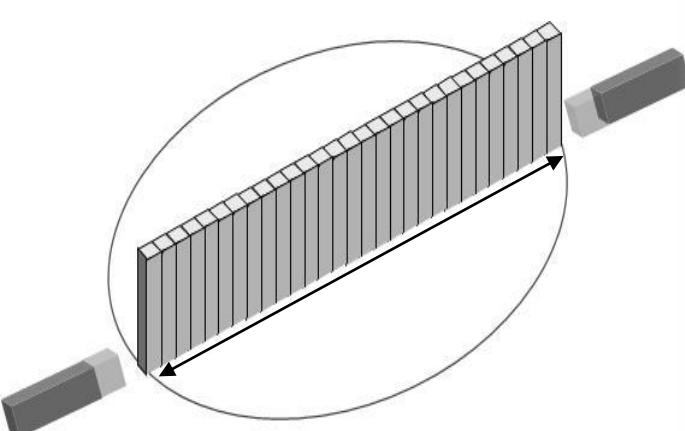
Système complet
Acquisition simultanée

Principe du temps de vol (“time of flight”) en TEP

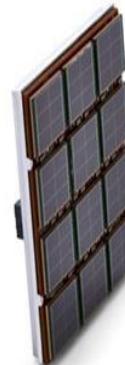
- Résolution temporelle (< 400 ps) permettant la mesure du temps de vol des photons
 - Mesure de la différence des temps d'arrivée des photons aux détecteurs
 - → **précision** sur le site d'annihilation
- Amélioration du **contraste** et **diminution des artéfacts** dans l'image

TEP conventionnelle

Événement sur la ligne de réponse



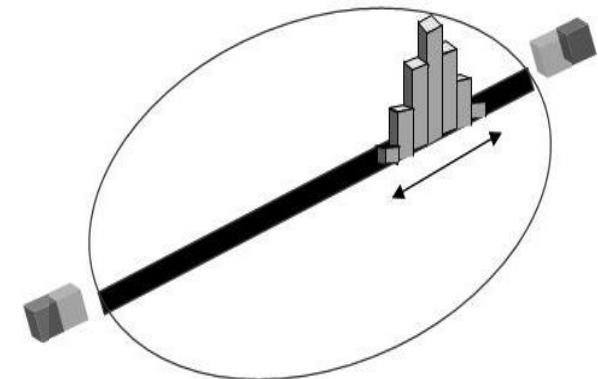
Fenêtre de coïncidence (ns)



SiPM

TEP Temps de vol

Événement localisé sur la ligne de réponse



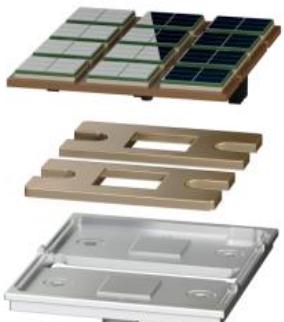
Temps de Vol < 400 ps

Le système SIGNA PET/MR

- Intègre détecteurs TEP de 2^{ème} génération
- Avantages +++
 - Insensible aux champs magnétiques (# PM)
 - Compacité
 - Meilleur couplage
 - Rapidité: temps de vol



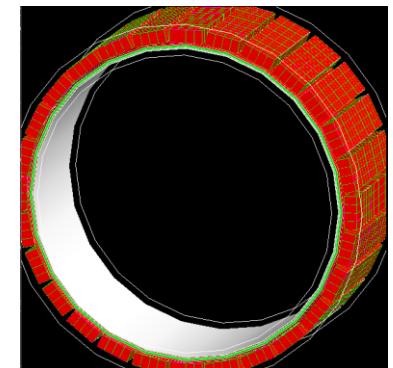
← Cristal LYSO : $3,95 \times 5,3 \times 25 \text{ mm}^3$



← **SiPM** : photomultiplicateurs en silicium



← Électronique intégrée



Champ de vue :
60 cm x 25 cm
Sensibilité +++

Autres considérations technologiques

- Imagerie corps entier
- Gestion de la correction d'atténuation
 - MRAC: 2-point Dixon
 - Segmentation
 - Classification graisse / tissus mous / air
- Compensation des mouvements respiratoires

