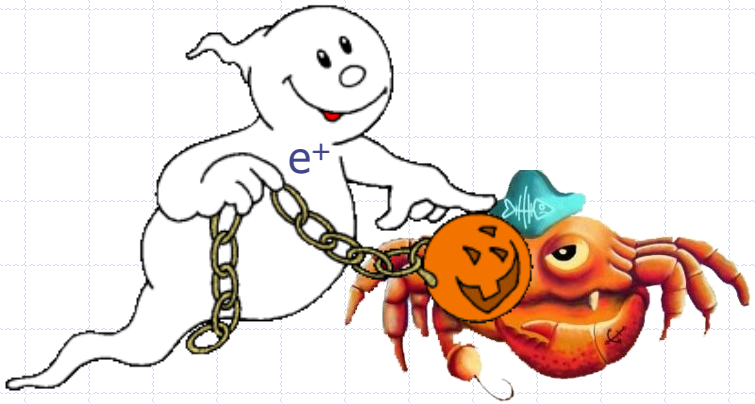
PET-CT AU ^{18}FDG EN ONCOLOGIE

مصحة أثينا
Clinique ATHENA
26-27 janvier 2023
JOURNÉE THÉMATIQUE
D'ATHÉNA



Pr Denis Mariano-Goulart
Faculté de médecine et CHRU de Montpellier
http:\\scinti.edu.umontpellier.fr

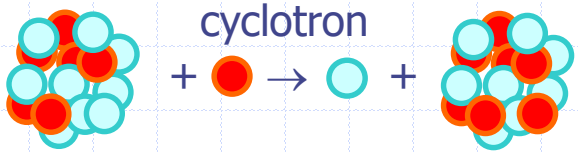
PLAN DE LA PRESENTATION

- ASPECTS TECHNOLOGIQUES IMPORTANTS
- MODES DE FIXATION DU ^{18}FDG
- INDICATIONS PRINCIPALES (ESMO, NCCN, SFMN, GBU)
  - Onco-hématologie: Lymphomes et myélomes,
  - Sarcomes et dermatologie: Mélanomes et Merckel,
  - Oncologie thoracique : Poumons, plèvre, médiastin, thymus,
  - Oncologie ORL: VADS, Thyroïde,
  - Oncologie digestive : Œsophage, estomac, foie, vésicule biliaire, colon, rectum, canal anal,
  - Tumeurs neuroendocrines et paragangliomes
  - Oncologie urologique : Rein, vessie, pénis, testicule, prostate,
  - Oncologie gynécologique : Sein, endomètre, col utérin, ovaire, vulve
  - Oncologie neurologique : Tumeurs de haut grade du SNC, radionécrose
  - Au-delà de l'oncologie…

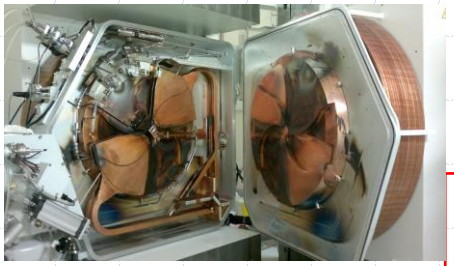
http://gbu.radiologie.fr/

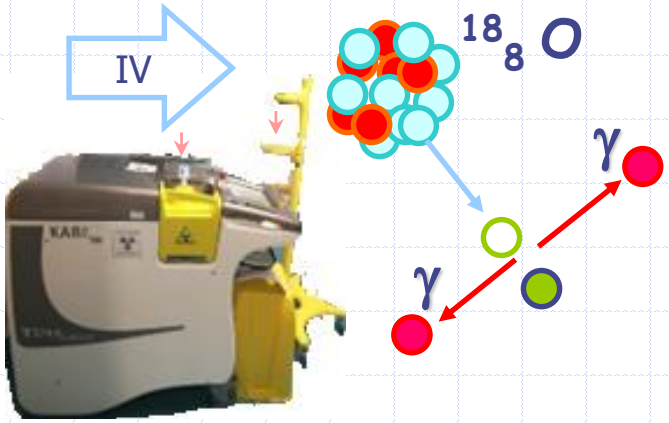
Guidelines ESMO et NCCN : I Galinier et al. Médecine nucléaire 42 (2018): 9-31
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928125817303790?via%3Dihub
Guidelines SFMN/HAS INCa : PY Salaün et al. Bull cancer 2019; 106: 262-274
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007455119300189

SCINTIGRAPHIE β^+ (PET 3D-TOF)



$$^{18}_{8}O + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{18}_{9}F$$





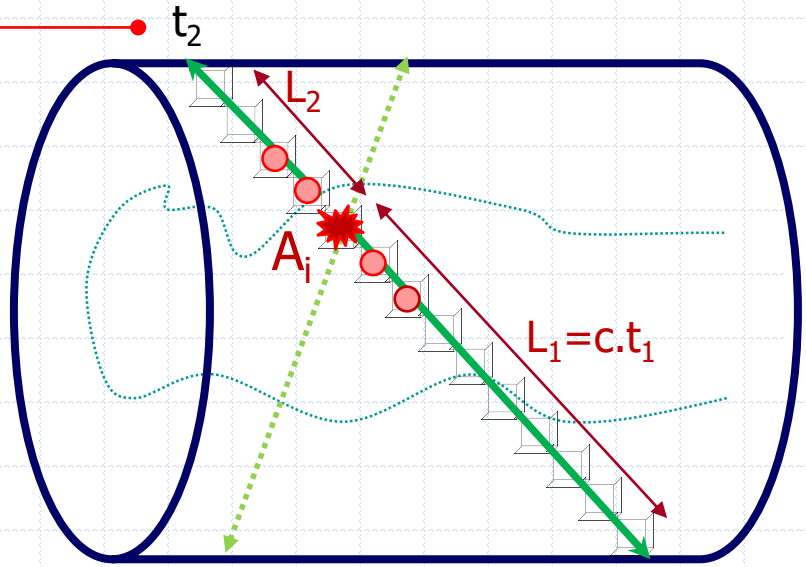
enregistré si

$$|t_2 - t_1| < \tau \approx 5\ ns$$

$$|t_2 - t_1| = \frac{|L_2 - L_1|}{c} < \tau \approx 5\ ns$$

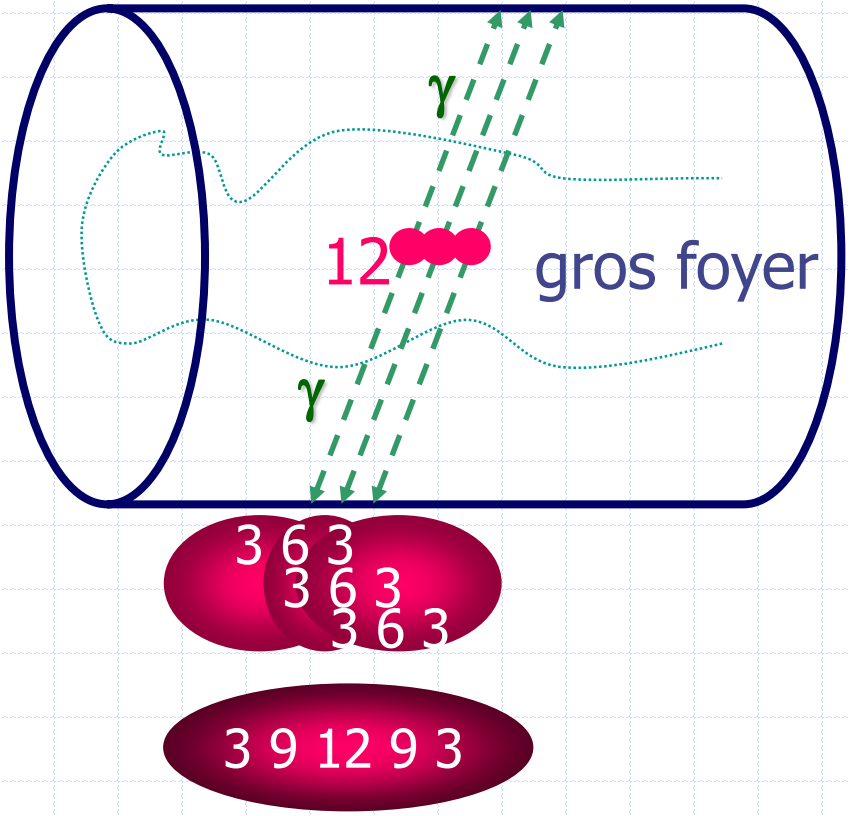
$$L_2 + L_1 = LOR$$

$$\Rightarrow L_{1,2} = \frac{LOR \pm c(t_1 - t_2)}{2}$$

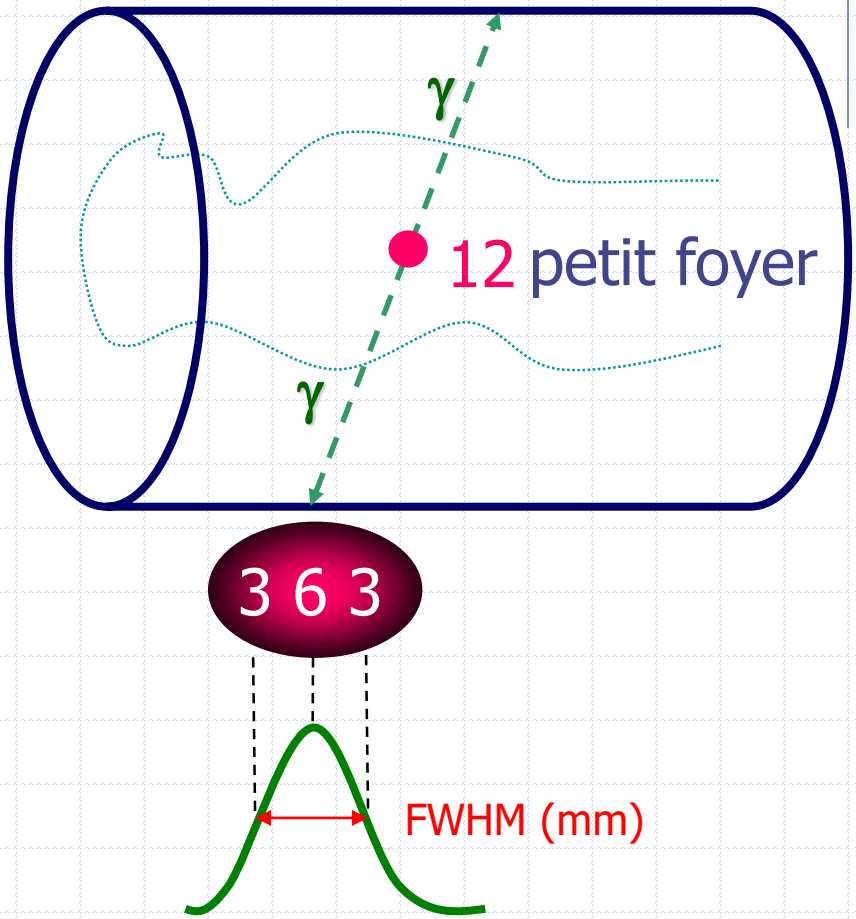


$$p^j = \sum_i R_i^j . A_i$$

CAPACITE DE DETECTION

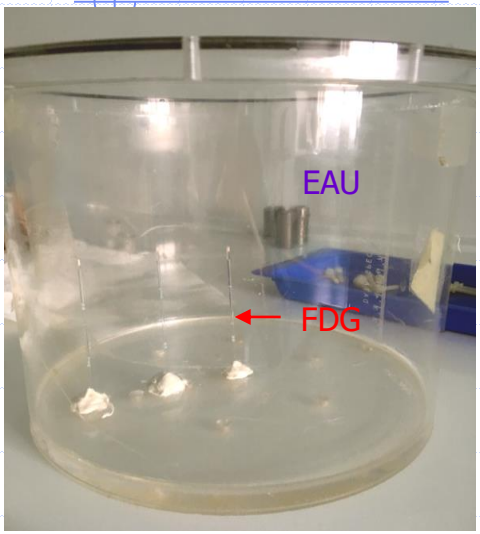


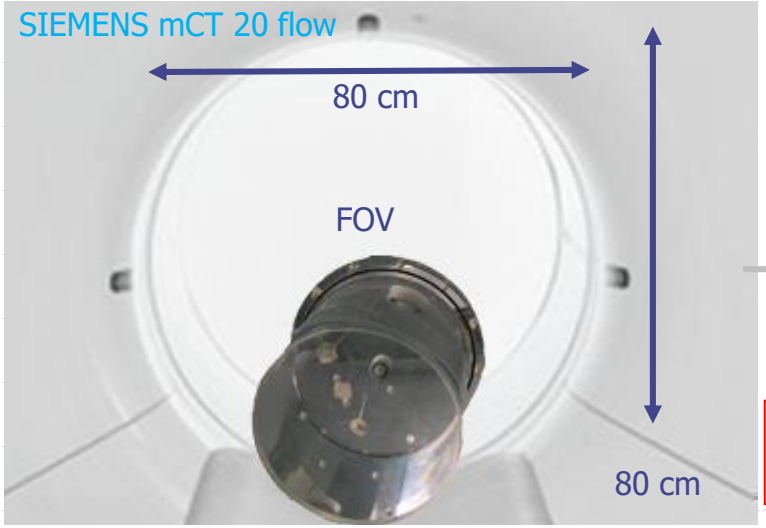
Signal bien estimé
au centre d'un objet
de dimensions > 2 x FWHM

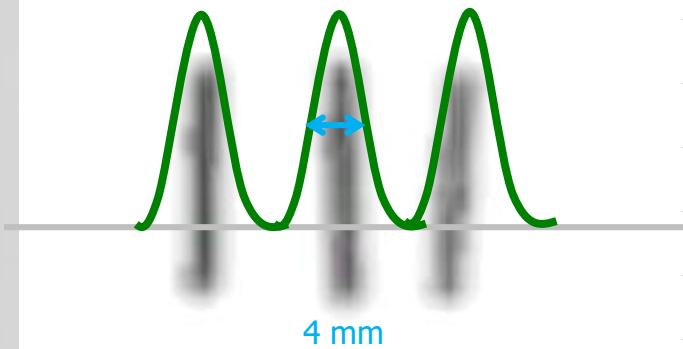


Signal sous estimé
au centre de l'objet

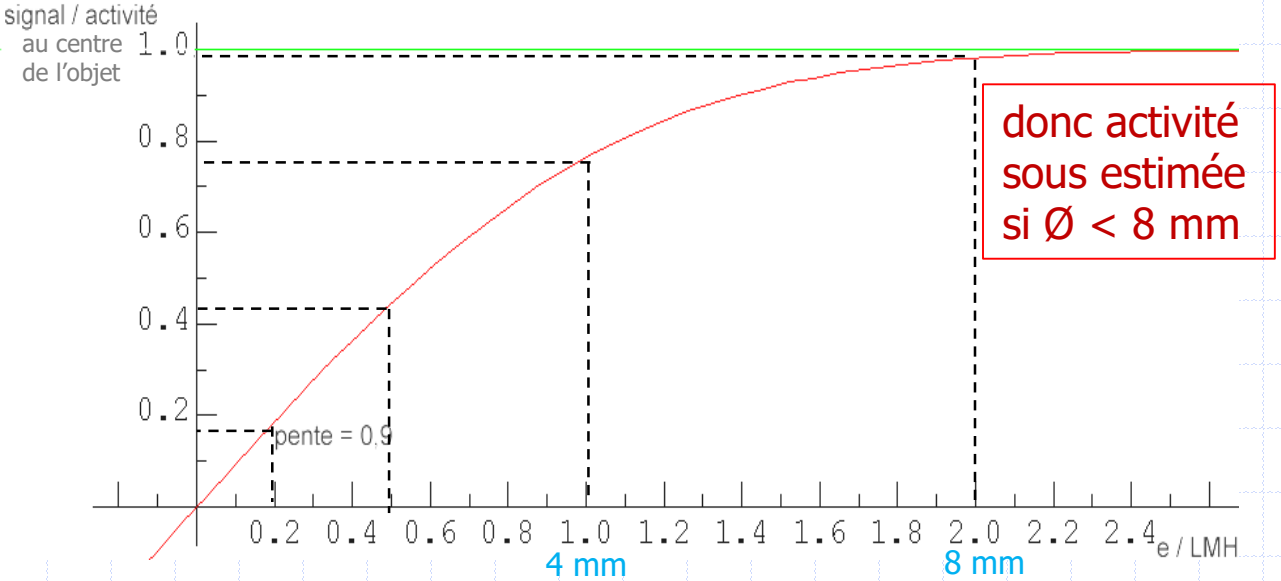
RESOLUTION = FWHM



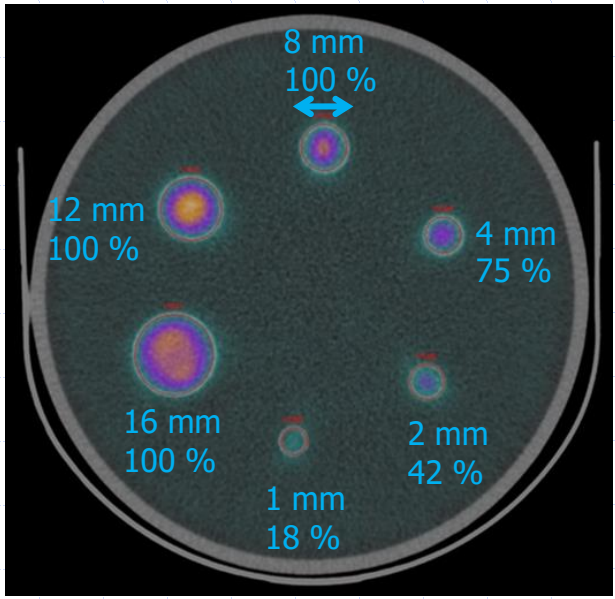




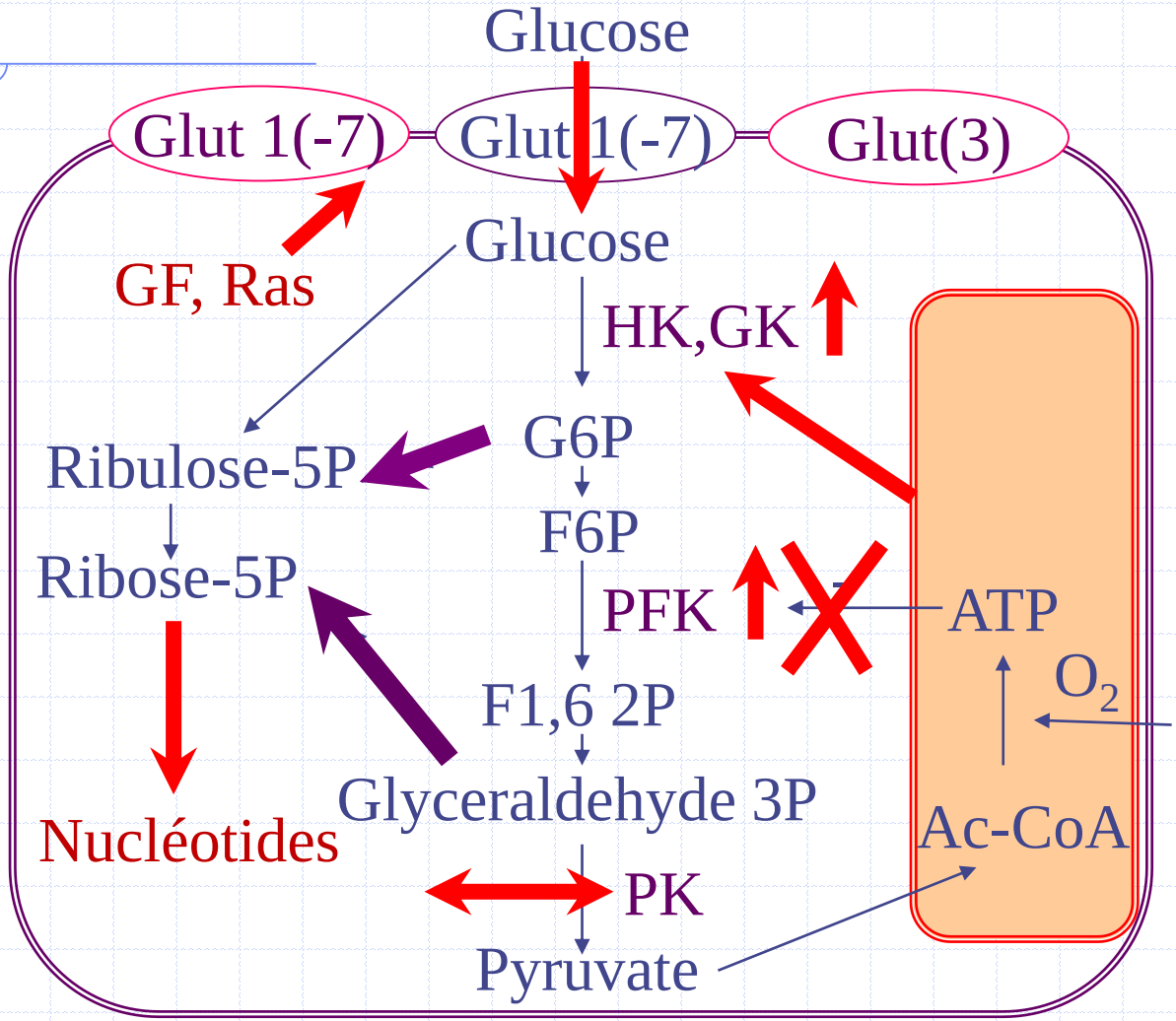
$$Shannon \Longrightarrow d_{pixel} = \frac{FWHM}{2} = 2\ mm$$



donc activité sous estimée si Ø < 8 mm



GLYCOLYSE AEROBIE ET EFFET WARBURG



HYPERFIXATION
du ^{18}FDG si :

Hypoxie

Inflammation

Cancer peu différencié

$$SUV = \frac{C_{pixel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq)/V(L)}$$

$$SUV \approx \frac{C_{pixel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq)\ /M(kg)}$$

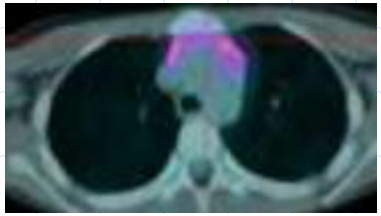
PROTOCOLE

- Prise de RDV: infos
- 6h de jeûne minimum
  Pas de glucosé
- Dextro < 1,7 g/L
- 3,5 MBq/kg ^{18}FDG IV
- 1h Repos
- 15’ PET-CT CTAP ou CE
- Consultation

Pièges et astuces

- Hyper glycémie/insulinisme : ↑ muscle, ↓ cerveau, ↓ tumeur
  - [G]> 2g/L ⇒ insuline rapide et attente Dextro ↔ (≈ 1h)

- Activation de graisse brune
  - 0.5 mg/kg propanolol PO (20 mg) 60 min avant FDG



- Flare post CT/G-CSF 1 M post CT
  - MO, thymus

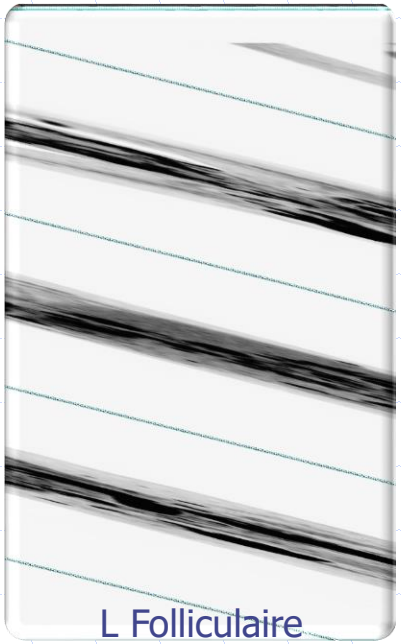
- Inflammation 3 M post RT/chirurgie, infections

- Sédation pédiatrique (2 mois – 5 ans)
  - 1 mg = 0.5 mL/kg atarax sirop à T-15 min.
  - 0.3 IR -0.5 PO mg/kg hypnovel

LYMPHOMES AVIDES de FDG :

HODGKIN, FOLLICULAIRE, LBDGC, MANTEAU, T

- Bilan initial
  - guidage de biopsie
  - Bilan d'extension (évite la BOM).



L Folliculaire

- Evaluation thérapeutique
  - intermédiaire à 2 et 4 cures (LH, LBDGC) pour adaptation thérapeutique (LH)
  - en fin de cures (LH,LBDGC, LM, LT non cutanés)

L Hodgkin

LYMPHOMES AVIDES de FDG : INTERPRETATION

- **Bilan initial**
  - Sus/sous diaphragmatique
  - Métas (dont OM, rate)
  - SUV_{max} de lésions cibles,
  - SUV_{max} tumoral
  - Taille, Bulky (> 10 cm)

	Ann Arbor / DEAUVILLE		LUGANO
1	1 GG	Pas de fixation	RMC
2	> 1 GG	Fixation ≤ Médiastin	
3	sus et sous diaph.	Médiastin < Fixation ≤ Foie	
4	Extra GG	Fixation > Foie (> 140% SUV_{max} foie si Deauville modifié)	RMP (maladie résiduelle en fin de ttt) si ↓ SUV_{max} > 25%
5		Fixation >> Foie (> 200% SUV_{max} foie si Deauville modifié) ou nouvelles lésions	Non réponse métabolique si SUV_{max} ↔ Progression métabolique si ↑ SUV_{max} ou nouvelles lésions

- **Evaluation (2 ou 4 cures, fin)**
  - Deauville (modifié si BEACOP/LH en désescalade) et Lugano
  - $SUV_{max}(PET_0 – PET_{2\ ou\ 4})$ % > 66 ou 70%
    - sauf si SUV_{max} PET_0 <10 et SUV_{max} $PET_{2,4}$ ≥ 5 (1/10, risque de FP/FN)

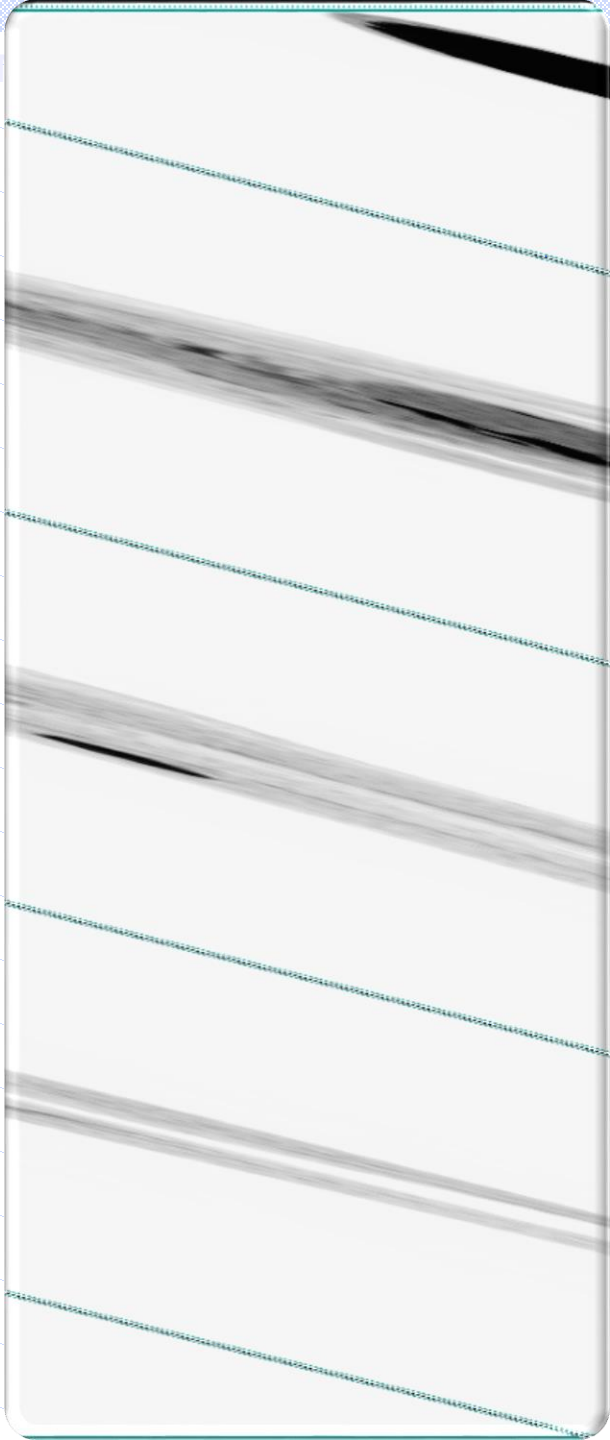
Casasnovas et al. Lancet oncol 2019 – E Itti et al. EJNM 2013; 40:1312-1320 – J Clin Oncol 2015;33(23)

MYELOMES

- Bilan Initial (MM, plasmocytome)
  - Ca Rein Anémie Bone
  - Pronostic et complications
    - SUV, nombre, extra/para médullaires, diffus

- Evaluation thérapeutique (Deauville)
  - ? Maladie résiduelle (> IRM : FP, tardif)
  - Évaluation pronostique post induction, post autogreffe, avant maintenance

- ± Suspicion d'évolution/récidive MM

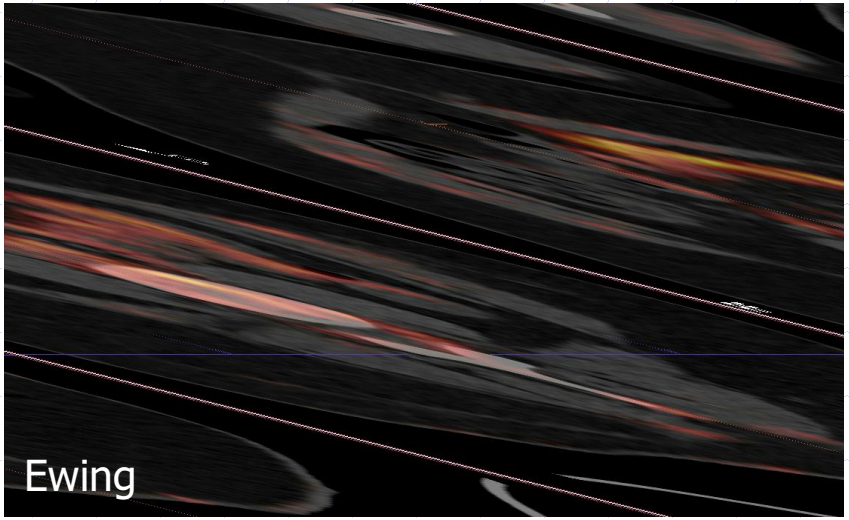


M Cavo et al. Lancet Oncol 2017;18(4) - RC Walker JNM 2012
J Hillengass et al. Lancet Oncol. 2019;20(6)

Sarcomes

- Osseux (Ewing, ostéosarcome, chordome):
  - Bilan initial ± récidive (CT pour M+ poumons)
  - ? réponse thérapeutique & pronostic

- Tissus mous (Rhabdomyosarcome, endomètre…)
  - Pré-opératoire (grade)
    ± Bilan initial
  - ± réponse au traitement
    et récidives (GBU)



MELANOME > IIB (e > 4mm ou ulcérée), ou GS+ > IIIB (GG macro ou ulcéré) , Merckel

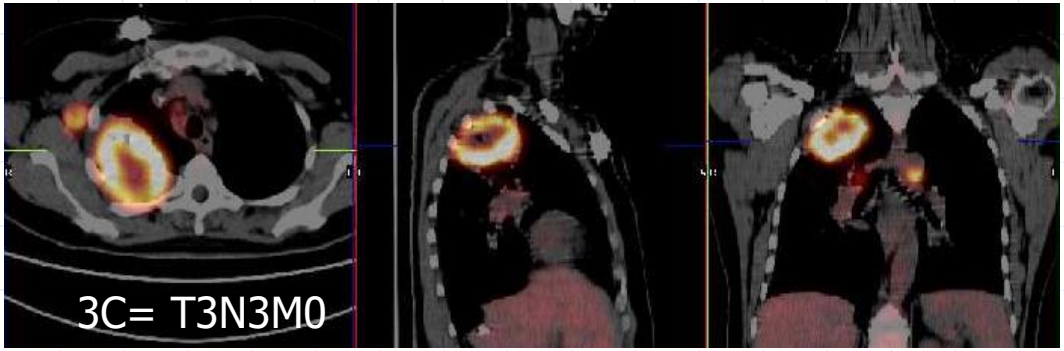
- BEI Initial (dont oculaire): Δ=33%,
- Réponse thérapeutique (muté BRAF, Immuno)
- BE Récidive
- Suivi

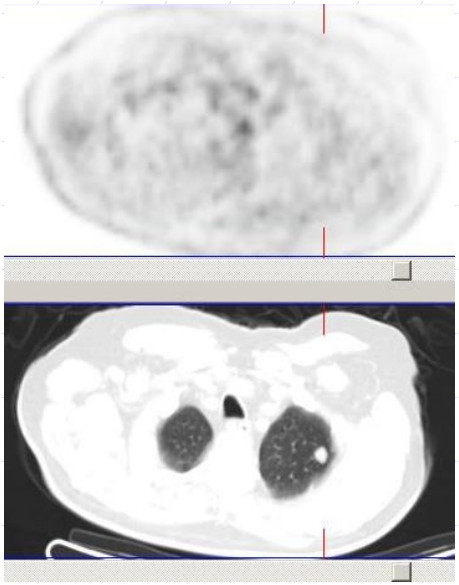
- Pronostic : non recommandé

Krug et al. Radiology 2008;249(3):836-44 - JS Gold Ann Surg Oncol 2007;14(7)

Carcinomes bronchiques (NPC, PC, GC), mésothéliome, tumeurs thymiques

- Caractérisation nodule Ø > 8 mm
  - ± lésions pleurales (biopsie)
- BEI CBNPC ± CPC

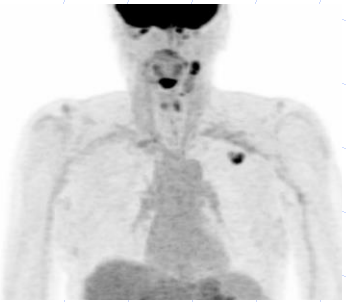
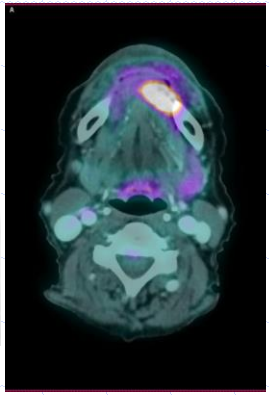
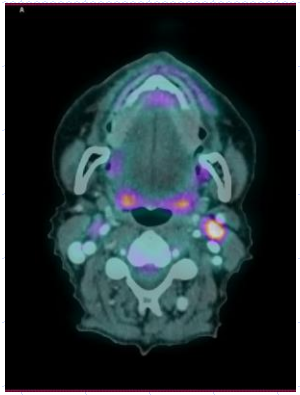
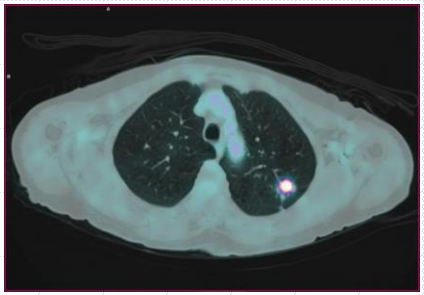
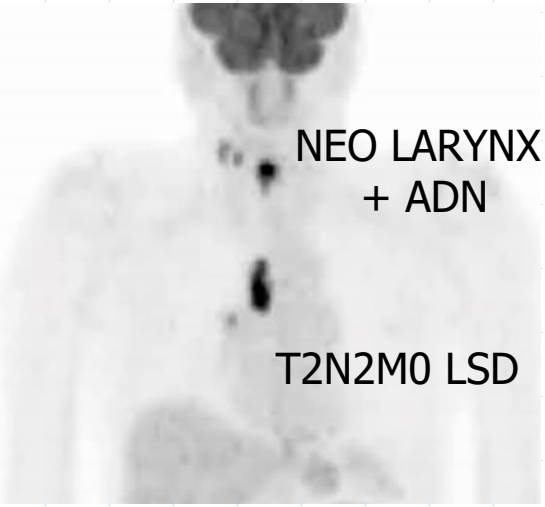




- Récidive suspectée
- Thymus : résécabilité post CT ± BEI, Réponse, rechute, Volume à irradier (atélectasie). Pas au Dic : Thymome B3 > carcinome
- Pronostic : non recommandée

CARCINOMES DES VADS

- BEI Stade III (Ø> 4 cm ou N1) et récidive
  - ± Cancers synchrones (poumon, ORL, œsophage, vessie)
  - ± Maladie résiduelle ± BE des C. glandes salivaires
  - Evaluation thérapeutique: non recommandée.
  - Nasosinus : non recommandé sauf haut risque M

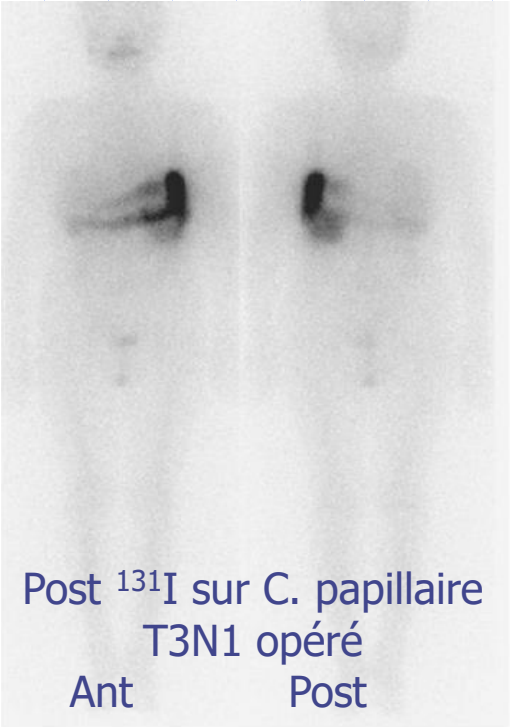






- Adénopathie cervicale sans primitif

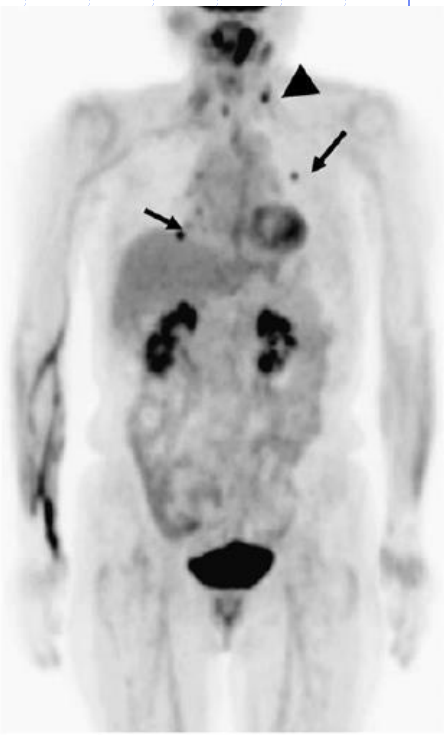
THYROIDE

Sur les cancers peu différenciés (^{131}I -, anaplasiques) ou de volume ↑ (Tg_{rhTSH} ↑ > 10 ng/mL ou Ac anti TG).

De préférence sous rhTSH

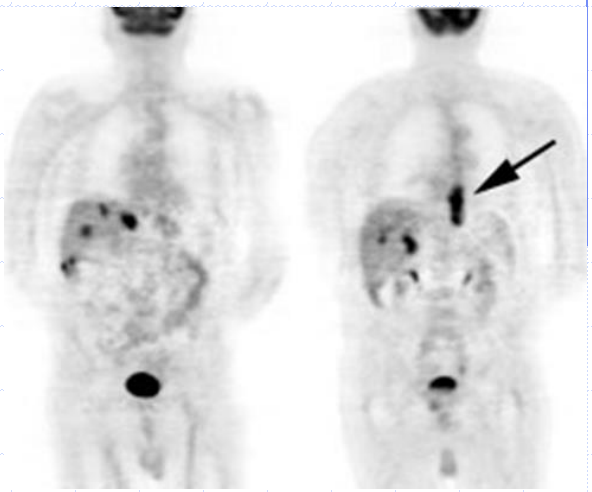


Post ^{131}I sur C. papillaire T3N1 opéré
Ant Post



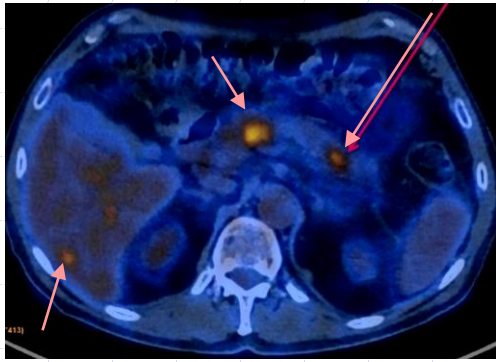
- BEI des *anaplasiques, peu* ≠ ou *étendus* (± Su des M+)
- Récidive:
  - *C papillaire, vésiculaire* (M+;^{131}I-), *folliculaire, à cellules de Hürthle* si Tg_{rhTSH} ↑ > 10 ng/mL. CT et TEP - ⇒ traitement ^{131}I
  - *CMT* si ACE ↑ ou calcitonine ↑ > 150 pg/mL et F-DOPA normale

ŒSOPHAGE, ESTOMAC, PANCREAS, FOIE, VESICULE BILIAIRE



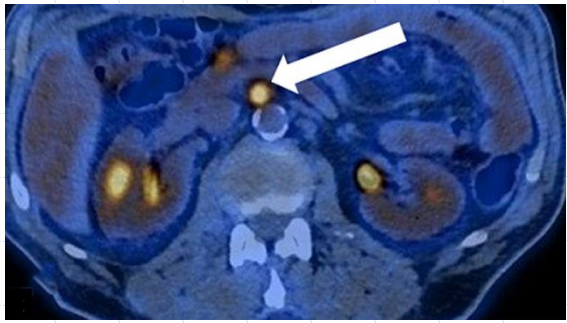
Œsophage et estomac: BEI

- ± Réponse thérapeutique (GIST)
- ± Récidive
- ± Planification RT
- Non recommandée en fin de RCT
- FN sur les tumeurs gastriques mucineuses ou diffuses



ADK Pancréas: ± BEI, ttt induct° & récidive

- Discutée en Dic vs TIPMP ($SUV_{max\ seuil}$ = 2,5 ?) et vs. pancréatite chronique ($SUV_{max\ seuil}$ = 4 ?)



Hépato & cholangio-carcinome,VB

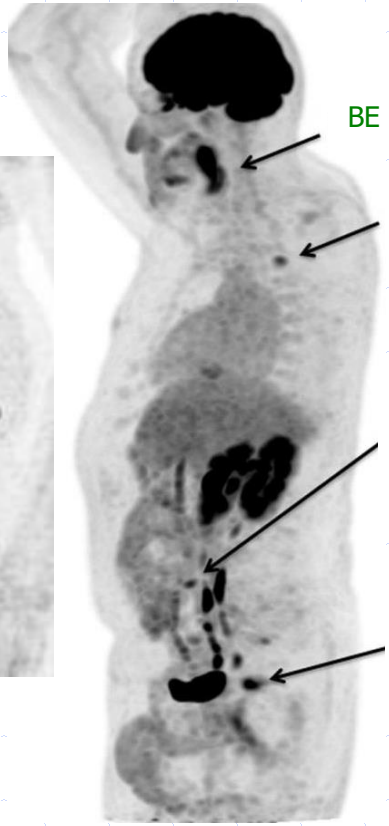
- TEP non recommandée au Dic. Autres rôles incertains
- ± BEI (HC peu différencié) pour M ou pronostic

COLON, RECTUM, CANAL ANAL

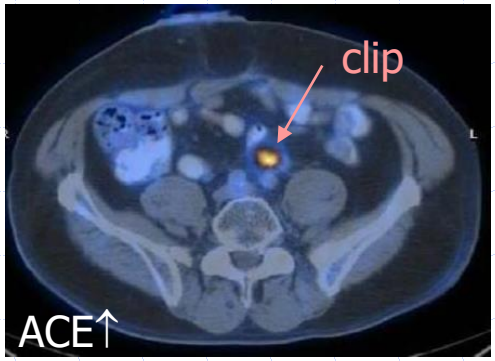
Au cas par cas,

si CT équivoque, ou appel (M connue).

⚠ FP/hyper colique diffuse.



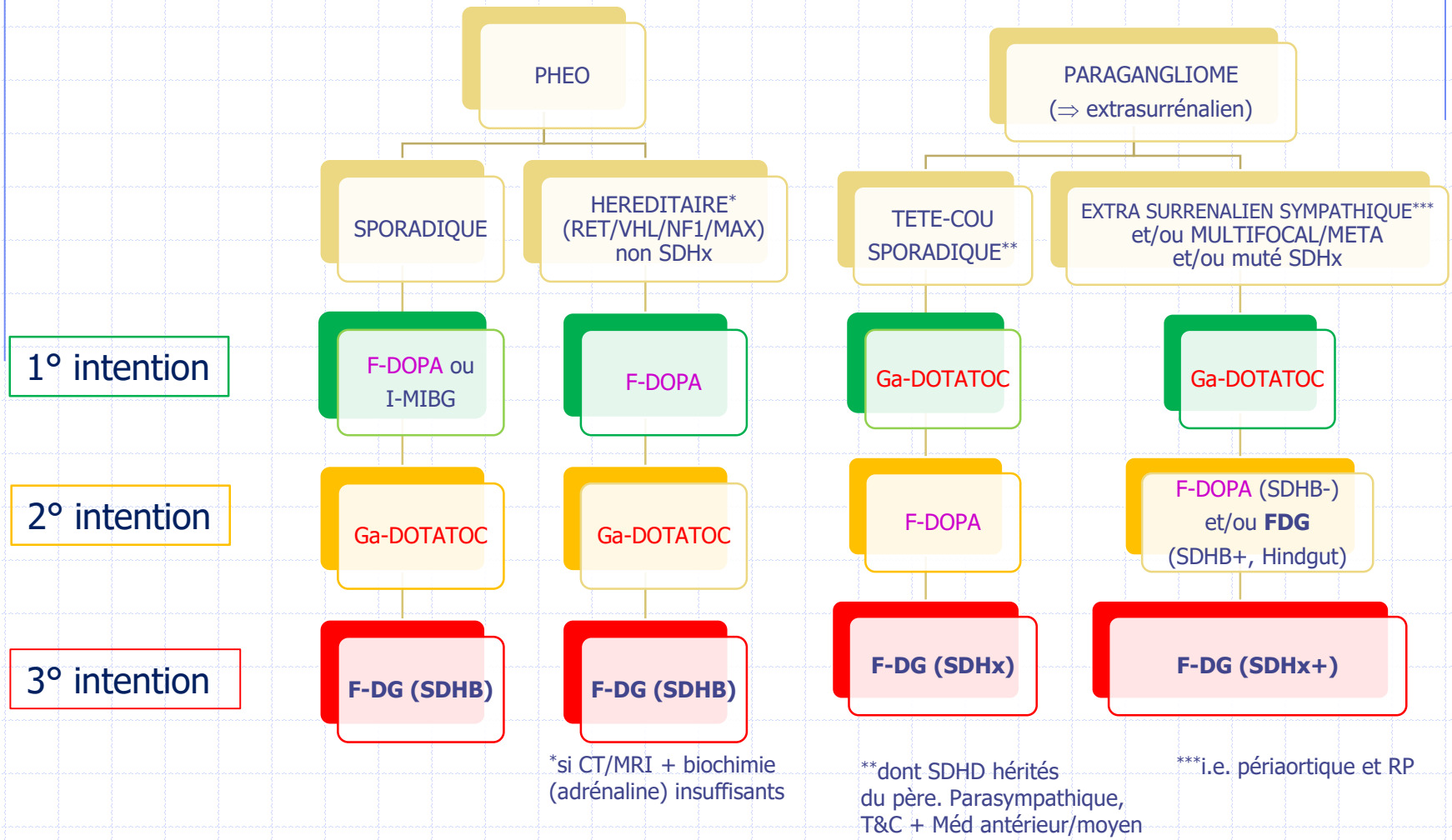
- **BEI**
  - si M>cm suspectée sur cancer *colorectal*,
  - si ≥T2 ou N+ du *canal anal*
  - récidive (↑ACE, pré-opératoire,
    ± après traitement local de M foie)



- ± Evaluation en fin de RCT (rectum, canal anal)
- ± Planification de la RT

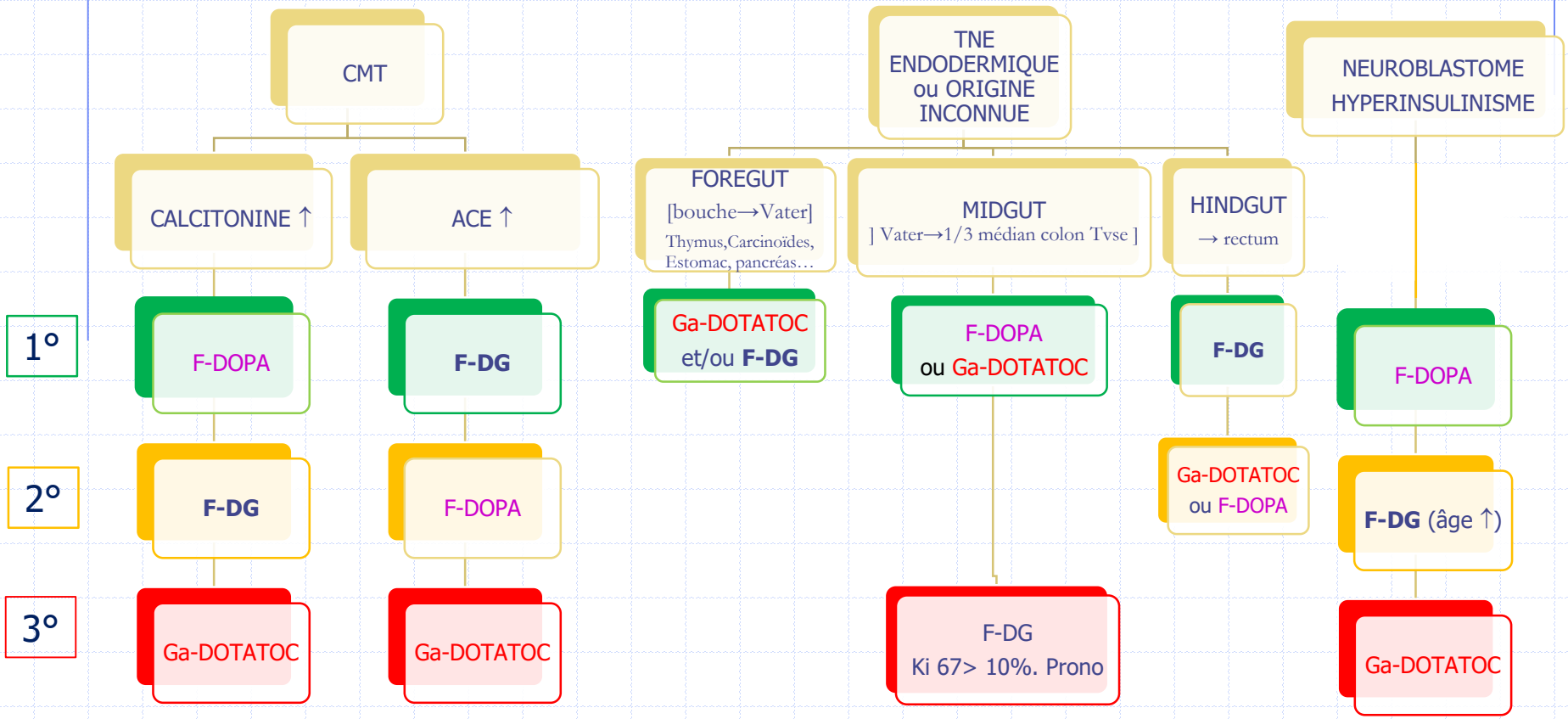
- Non recommandée dans l'évaluation de la réponse après RCT

BEI DES PHEOCHROMOCYTOMES & PARAGANGLIOMES



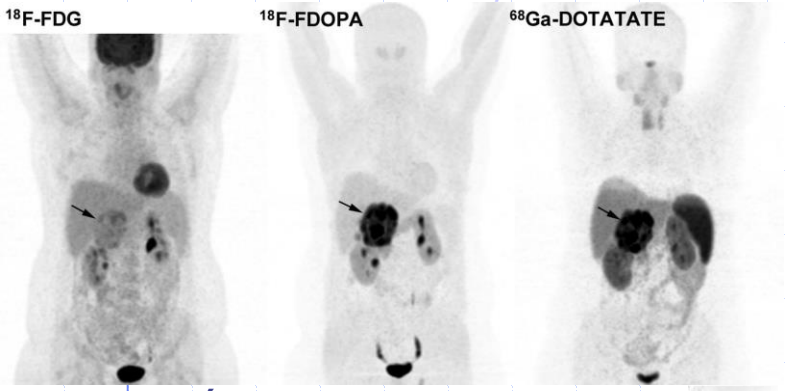
EJNM 2019. EANM/SNMMI Guidelines. D Taïeb 46:2112-2137 et 2017 MF Bozkurt; 44:1588-1601

BEI DES NEOPLASIES NEUROENDOCRINES HORS PPGL

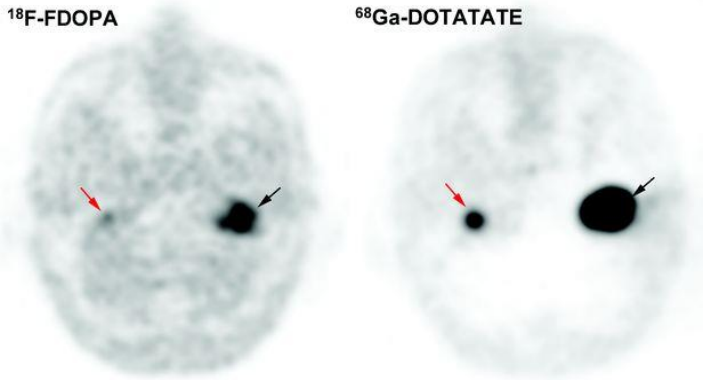


EJNM Guidelines for PET imaging of NEN with Ga and DOPA. MF Bozkurt et al. 2017. 44:1588-1601

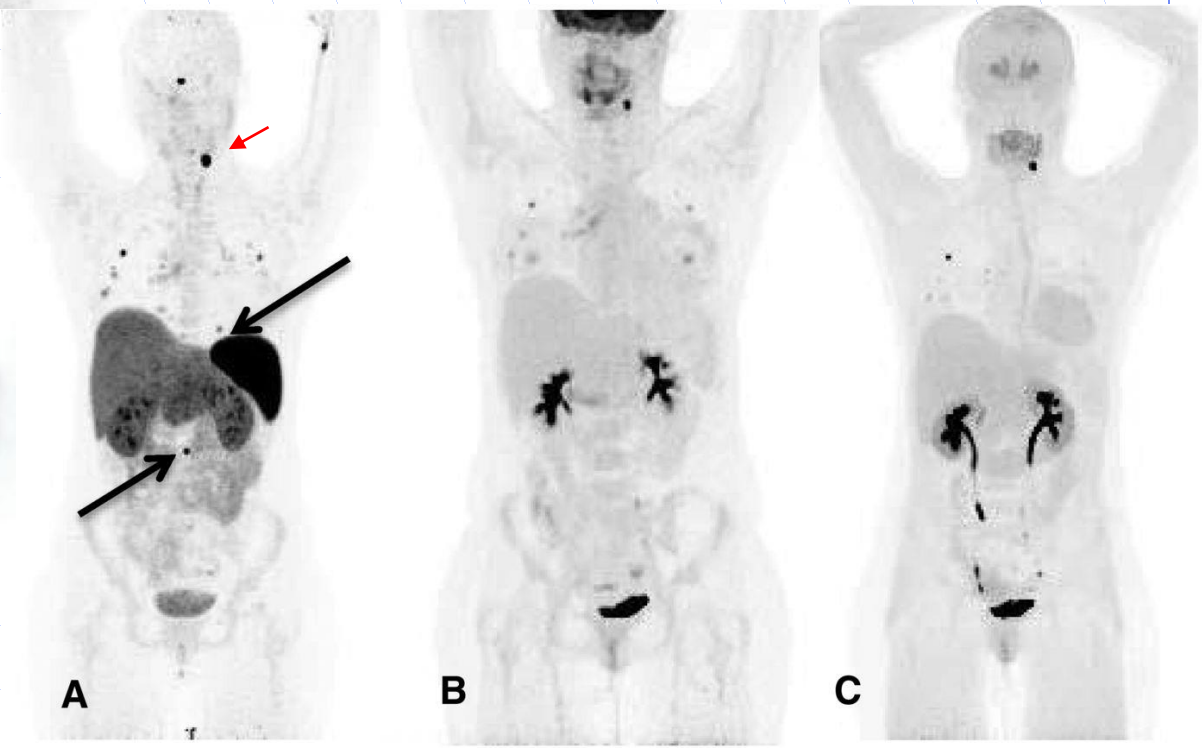
TNE: EXEMPLES



Phéo sporadique



PGL muftifocal SDHD-

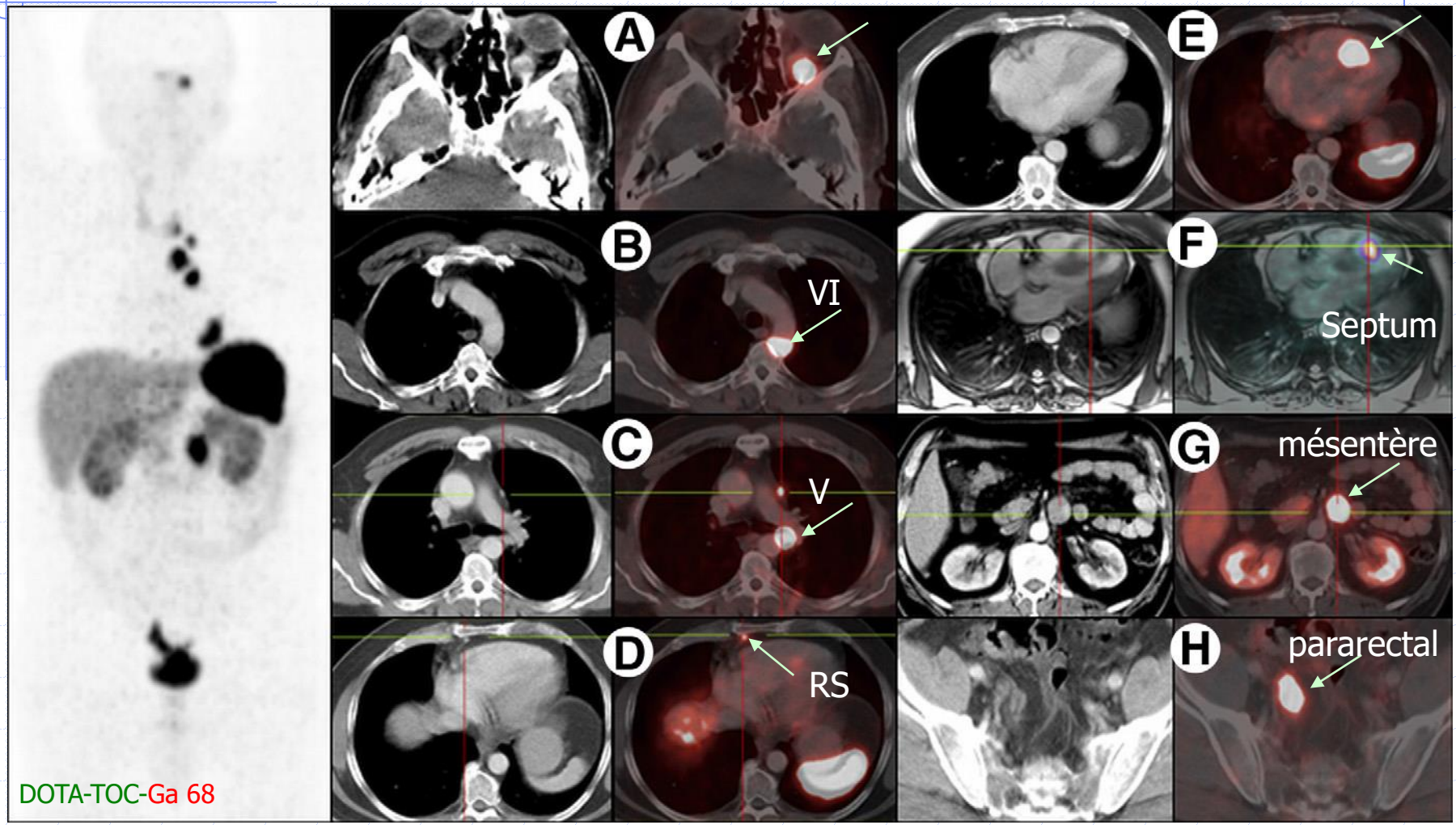


[^{68}Ga]-DOTATATE [^{18}F]-FDG PET [^{18}F]-FDOPA

PGL métastatique (poumon, os) SDHB +

I Janssen et al. Clin Cancer Res; 21(17); 3888–95. 2015

TNE ILEALE



Rechercher: Médiastin, RP, surrénales + orbites, m. hypoglosse, thyroïde, cœur & péricarde, foie & VB, queue de cheval, paroi vessie (furosémide)…

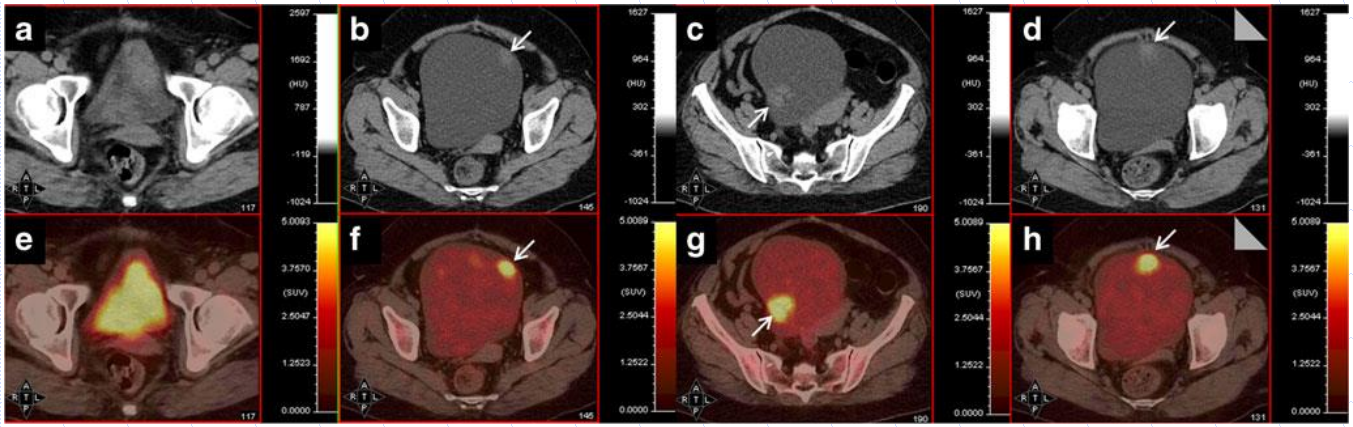
Semin Nucl Med, 2012; 42:190-207

REIN, VESSIE, PENIS, TESTICULE

Rein : FGD non recommandé

Vessie : ± BEI des tumeurs infiltrant le muscle

- 2h après TEP: hydratation (1,5 à 2L) + 1 mg/kg de furosémide + 2 ou 3 mictions→ 2° TEP sur vessie pleine où le FDG est dilué

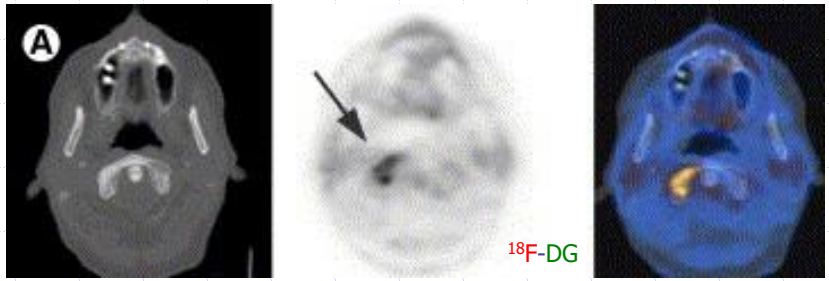


Séminomes testiculaires: ? résidu > 3 cm à 45 j post CT

Pénis: BEI si GG inguinaux palpables ± Réponse si N+ pelviens ou M+

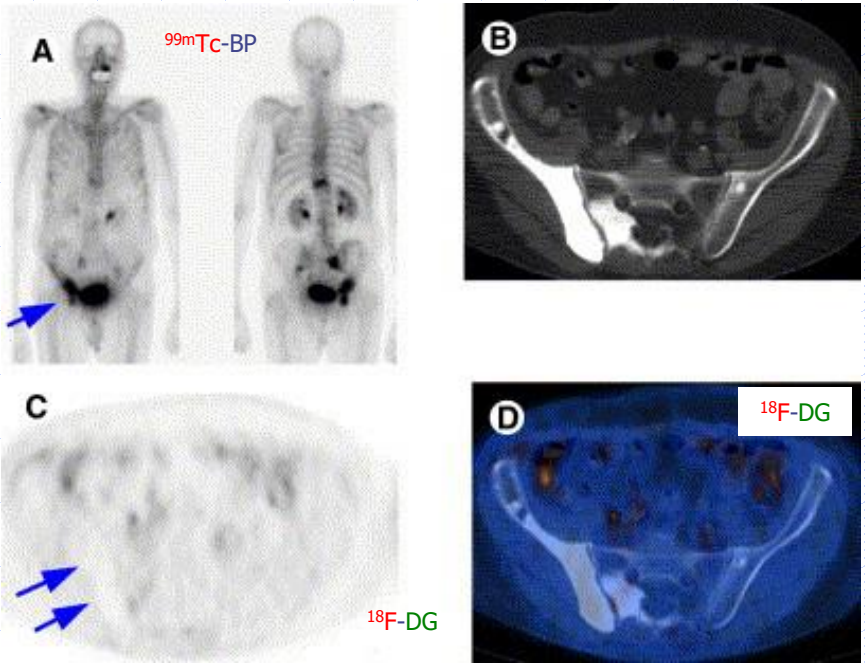
B Nayak. EJNM 2013

PROSTATE



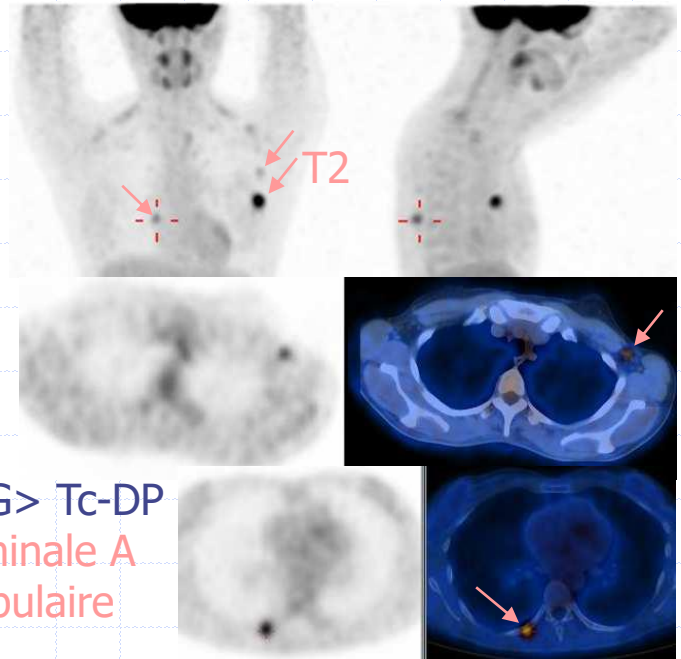
F-Choline (⚠ FDG non indiqué sauf si dédifférenciation)

- **Récidive** si PSA ≥ 2 ng/mL ou doublement < 6 mois
  - ± Orientation si biopsies prostate négatives
  - ± BEI patients à haute risque M de d'Amico
  - ± Planification avant radiothérapie



SEIN: ni au Dic, ni à la place du GS

- BEI avant chirurgie si Ø>5 cm ou N1 ou M suspecté ou agressif (stade ≥ IIB ± IIA)
- Récidive suspectée (Dic et BE)
  - ± Evaluation CT néoadjuvante (HER2+ ou 3N)
  - ± Evaluation CT sur métastases
- TEP FDG non recommandée:
  - Dic de malignité (mais incidentalome à explorer),
  - score T, multi-focalité, , ? GS
  - BEI Stade I
  - Pronostic et orientation thérapeutique,
  - Surveillance systématique
  - Recherche de maladie résiduelle mammaire après CT néoadjuvante



BE: FDG> Tc-DP
sf. luminale A
et lobulaire

ENDOMETRE, COL, OVAIRE, VULVE

Endomètre : ± BEI si étendu au col (≥FIGO II), rechute

Col : BEI si Ø≥ 4 cm (FIGO IB2) ± récidive ± cible RT

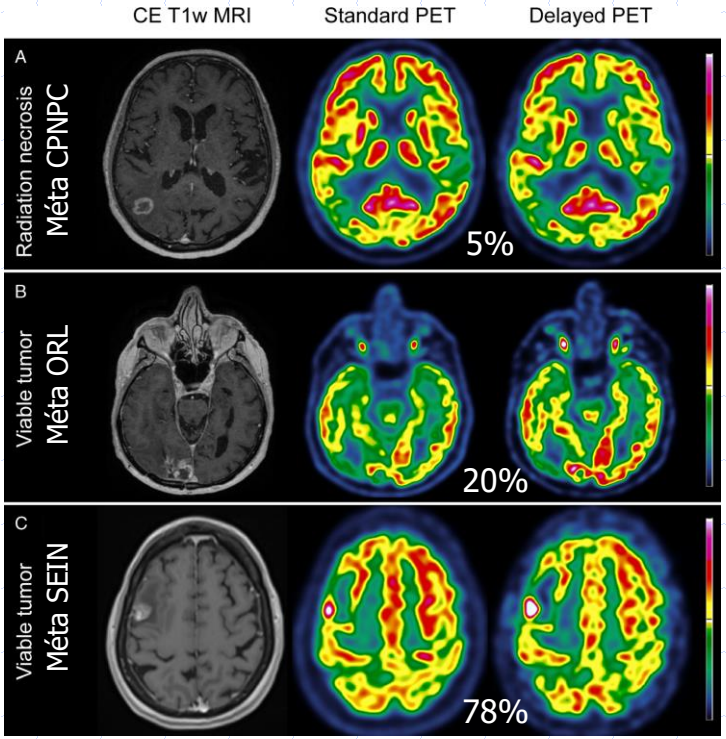
Vulve : BEI si ≥T2 ou M suspectée ± récidive

Ovaire : Récidive si ↑ CA 125

- ± BEI si étendu rétrop. ou péritonéal (T3 = FIGO III)

Tumeurs du SNC

- Glioblastomes (Gr IV) ou Gliomes anaplasiques
  (Gr III: OligodendroG, Oligo astrocytomes, astrocytomes)
- Dic ≠ radionécrose/récidive ± pronostic
  - Acquisitions tardives (3-5 h). Possible aussi en FDOPA



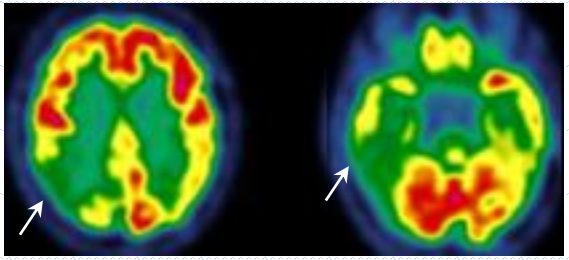
$$\mathrm{Hi} = \frac{\left(\frac{SUV^{tardif}_{\max\,lésion}}{SUV^{tardif}_{\max\,SG}} - \frac{SUV^{précoce}_{\max\,lésion}}{SUV^{précocz}_{\max\,SG}}\right)}{\frac{SUV^{précoce}_{\max\,lésion}}{SUV^{précocz}_{\max\,SG}}} > 20\%$$

$$S_e = 95\% \quad S_p = 100\%$$

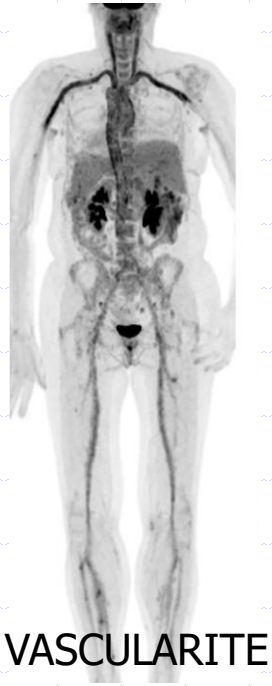
H Otman. Clin Nucl Med 2022 - LL Horky. J Neuro Oncol 2011

AU-DELA DE L'ONCOLOGIE

- Démences neurodégénératives

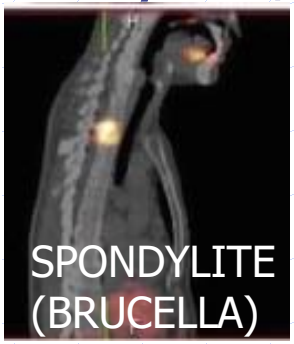


- Viabilité myocardique

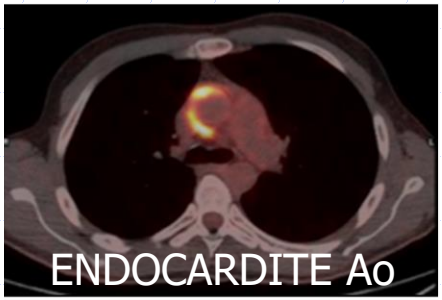


VASCULARITE

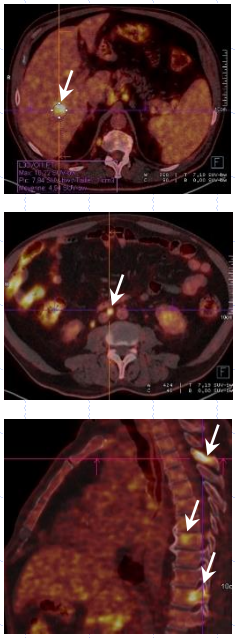
- Maladies systémiques
  - Horton, Takayasu, Sarcoïdose,
  - Fièvres



SPONDYLITE (BRUCELLA)

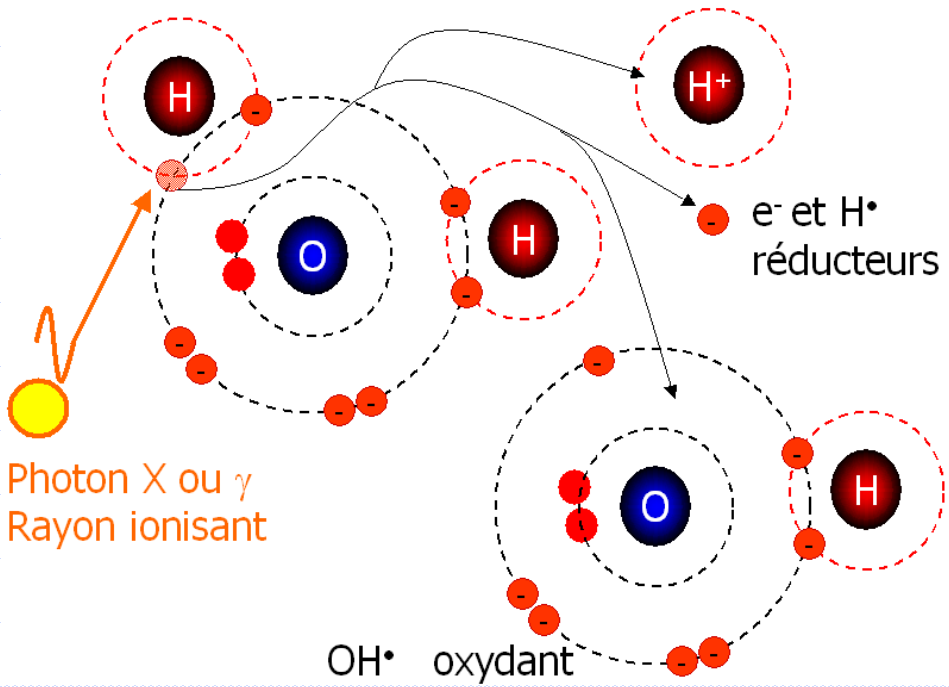


ENDOCARDITE Ao



SARCOIDOSE

DOSIMETRIE



Quelques expositions naturelles, hors expositions médicales :

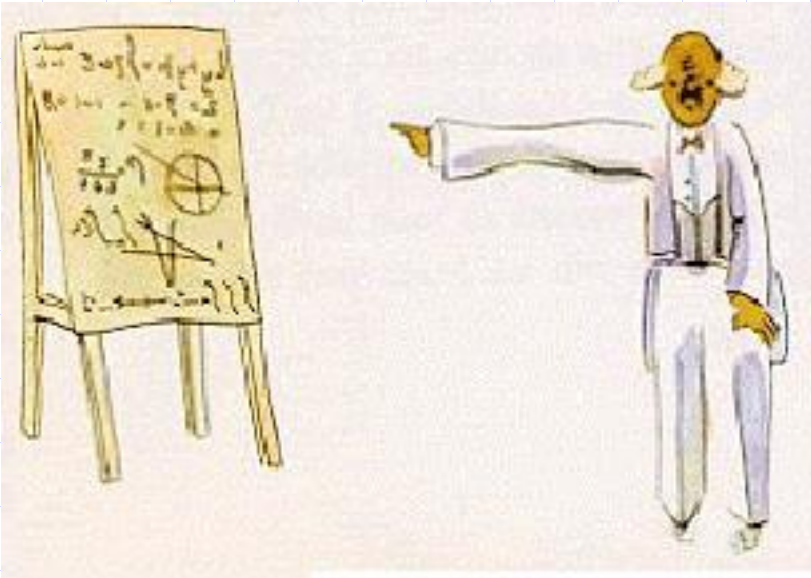
France : 2-8 mSv/an
Ramsar (Iran) : 260 mSv/an

Dose efficace ∝ risque cumulatif de cancer radio-induit à long terme.

TEP + CT : 10 mSv < CT injecté (20 mSv)[2]

[1] http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
European Commission. Radiation protection 118: Referral guidelines for imaging.Office for Official Publication of the EC; 2001.
[2] Rapport DRPH/SER n°2010-12 ; Rapport DRPH/SER n°2010-12 - M Ghiassi-nejad. Health physics. 2002. 82 (1): 87-93
Sender R, Fuchs S, Milo R (2016) Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. PLoS Biol 14(8)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION



http:\\scinti.edu.umontpellier.fr/enseignements/cours/