



# Recherche de supernovae jeunes par les raies du $^{44}\text{Ti}$ avec INTEGRAL

Matthieu RENAUD

1<sup>ère</sup> année de thèse

sous la direction de François LEBRUN

CEA/Service d'Astrophysique



# Sommaire

Problématique des SNRs galactiques

Les éléments radioactifs et le  $^{44}\text{Ti}$

Les instruments d'INTEGRAL

Les SNRs historiques

Recherche de SNRs «manquants»



# Problématique

Aucune SN galactique observée depuis **> 300 ans !!!**  
~1680 → Cassiopeia A

Taux de SN/galaxie/siècle  $\approx 2,5 \Rightarrow P(\mu=7,5;x=0) \approx 0,05 \%$   
 $\Rightarrow$  Supernovae manquantes ... cachées ... ?

- 1) Etoiles massives formées au sein de nuages moléculaires
- 2) Observateurs  $\Rightarrow$  vue de la Galaxie en enfilade

**Observation SN = évènement exceptionnel !**  
(sur 1000 ans : 5/6 observées)



Supernovae (type I et II) vues dans tous les domaines  
domaine gamma  $\Leftrightarrow$  raies nucléaires

Pour voir les SNRs de moins de 300 ans il faut un élément  
radioactif **de temps de vie comparable...**



# Les éléments radioactifs et le $^{44}\text{Ti}$

$^{56}\text{Ni}$  :  $\tau = 8,5$  jrs  
 $^{26}\text{Al}$  :  $\tau = 1,1 \times 10^6$  ans  
 $^{60}\text{Fe}$  :  $\tau = 2,1 \times 10^6$  ans

$\Rightarrow$  incompatibles avec age des SNRs recherchées...

... $^{44}\text{Ti}$  :  $\tau = 85,4$  ans ( $T_{1/2} = 60 \pm 1$  ans)

Modèles «standard» :

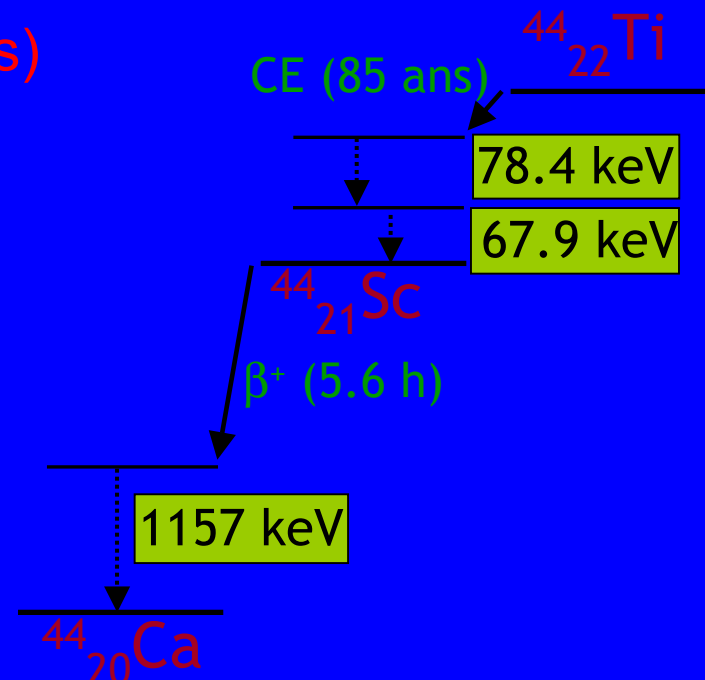
SN II, Ib, Ic :  $\sim 10^{-4} M_{\text{Soleil}}$

SN Ia :  $\sim 5 \times 10^{-5} M_{\text{Soleil}}$

Modèles «récents» :

Hypernovae :  $\sim 7 \times 10^{-4} M_{\text{Soleil}}$

SN Ia He-detonation :  $\sim 5 \times 10^{-3} M_{\text{Soleil}}$

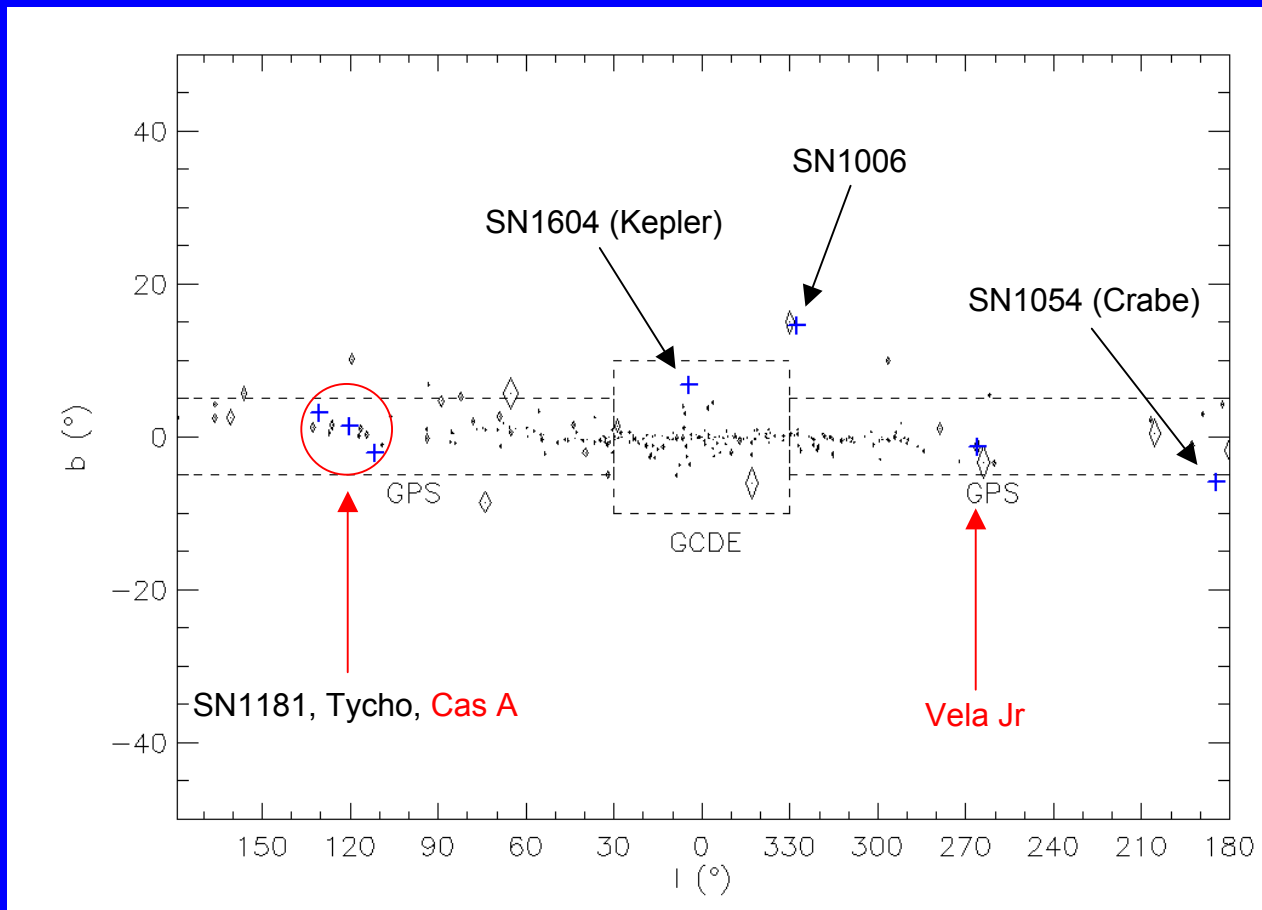




Précédentes observations :

COMPTEL à 1,157 MeV ( $^{44}\text{Ca}$ ) → Cas A et Vela Jr

BeppoSAX à 68,78 keV ( $^{44}\text{Sc}$ ) → Cas A





# Les instruments d'INTEGRAL

SPI : spectromètre

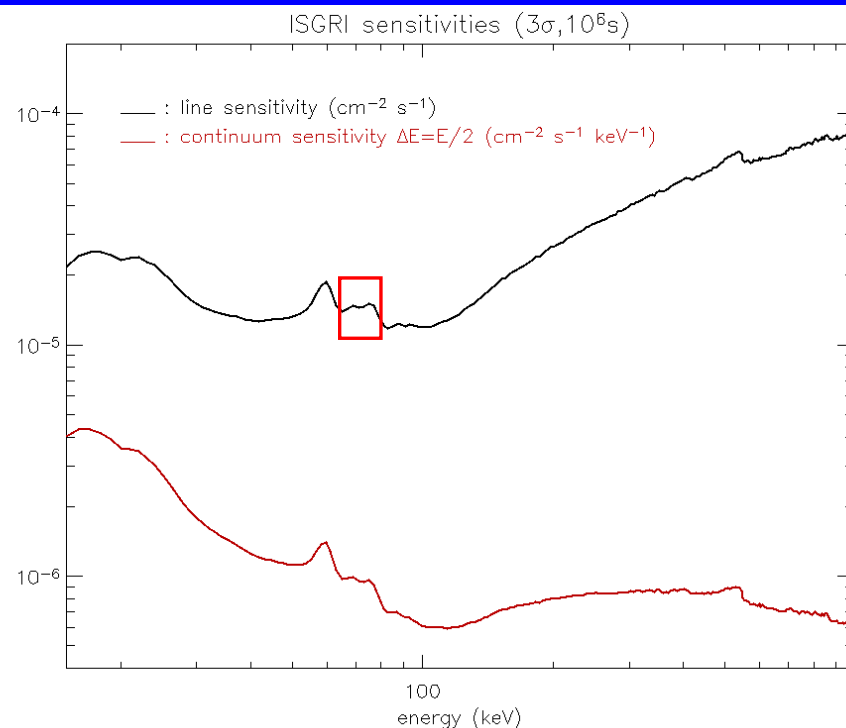
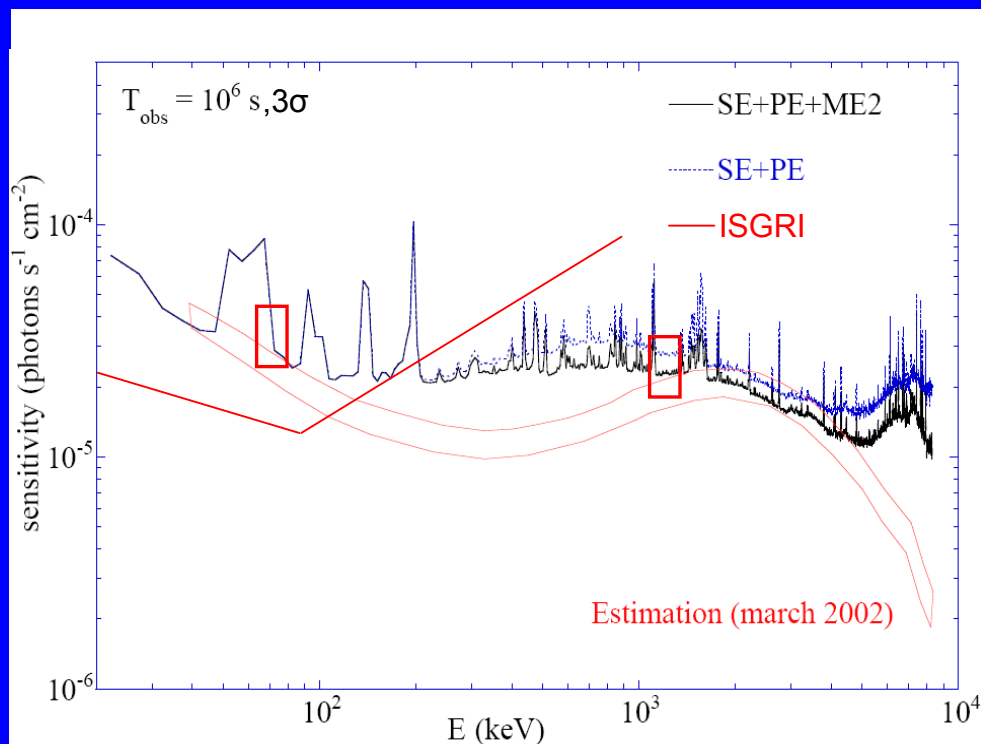
20keV - 8MeV

FOV= 35°

IBIS : imageur

15keV - 1MeV(ISGRI)

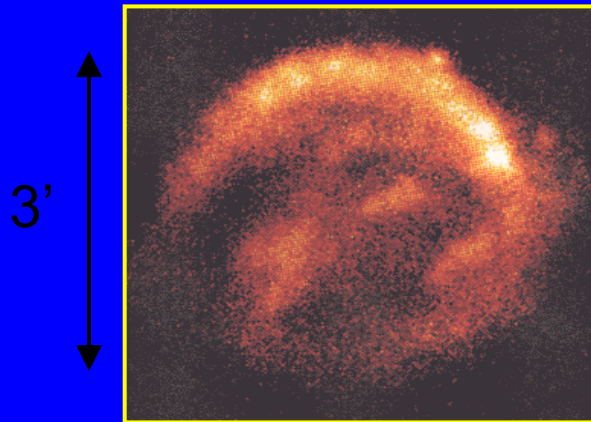
FOV= 29°×29°





# Les SNRs historiques

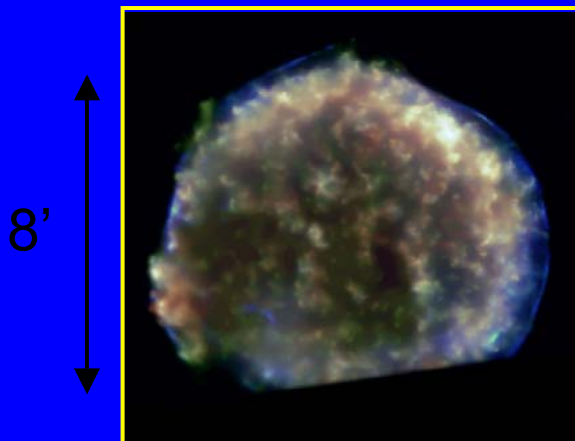
SN1604 : Kepler



la ? courbe de lumière  
 $z \sim 450 \text{ pc } (>> 100 \text{ pc !})$

II/Ib,c ? nodules enrichis en métaux  
«runaway star» (Bandiera)

SN1572 : Tycho



$d=1.5 \text{ kpc} \Rightarrow$  cas le plus favorable pour  
détecter le  $^{44}\text{Ti}$  avec INTEGRAL

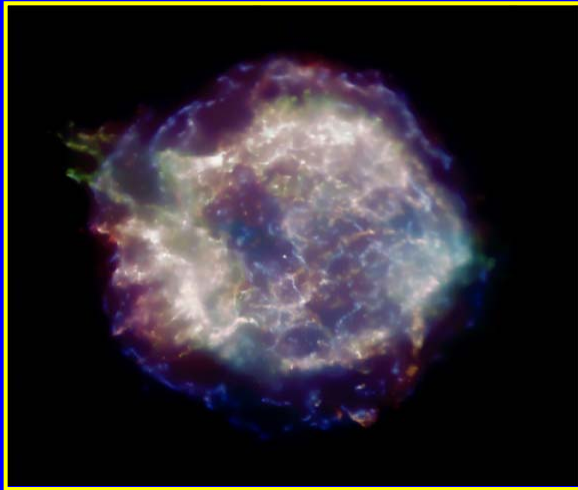
**$M_{\text{Ti}} \dots ? \Rightarrow$  nature de ces SNRs ... ?**





Cas A

5'

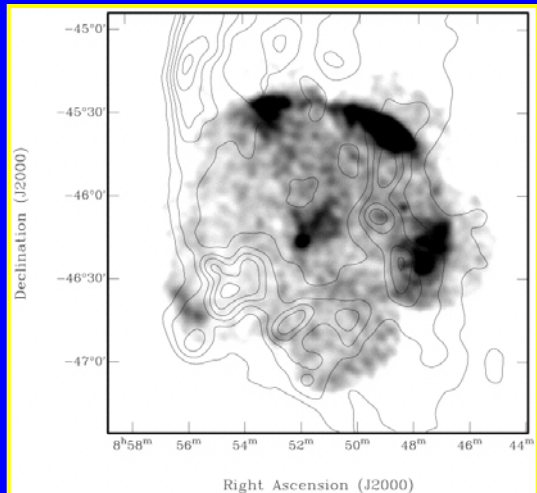


détection  $^{44}\text{Ti}$  par COMPTEL/BeppoSAX  
→ Confirmation par INTEGRAL ...

$M_{\text{Ti éjecté}}$  difficile à expliquer par les  
modèles «classiques» ...

G266.2-1.2 : Vela Jr

$\sim 2^\circ$

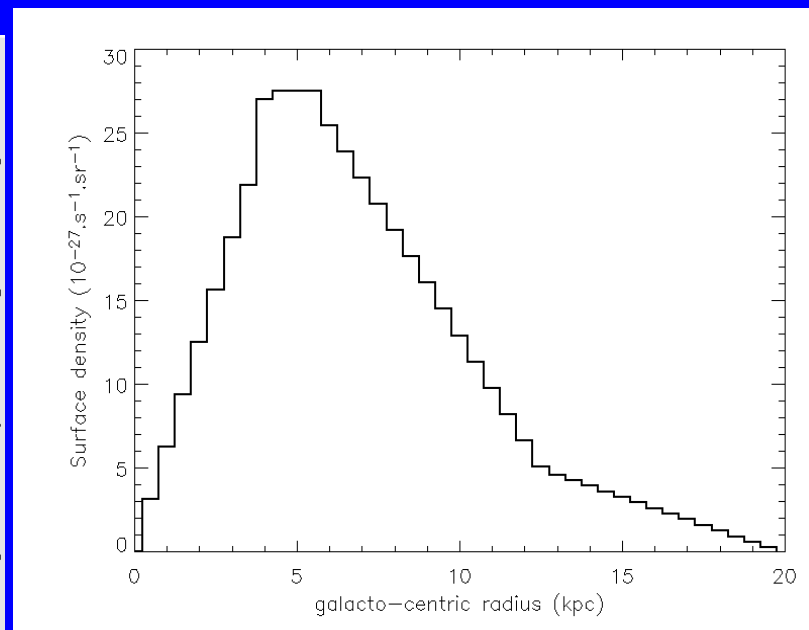
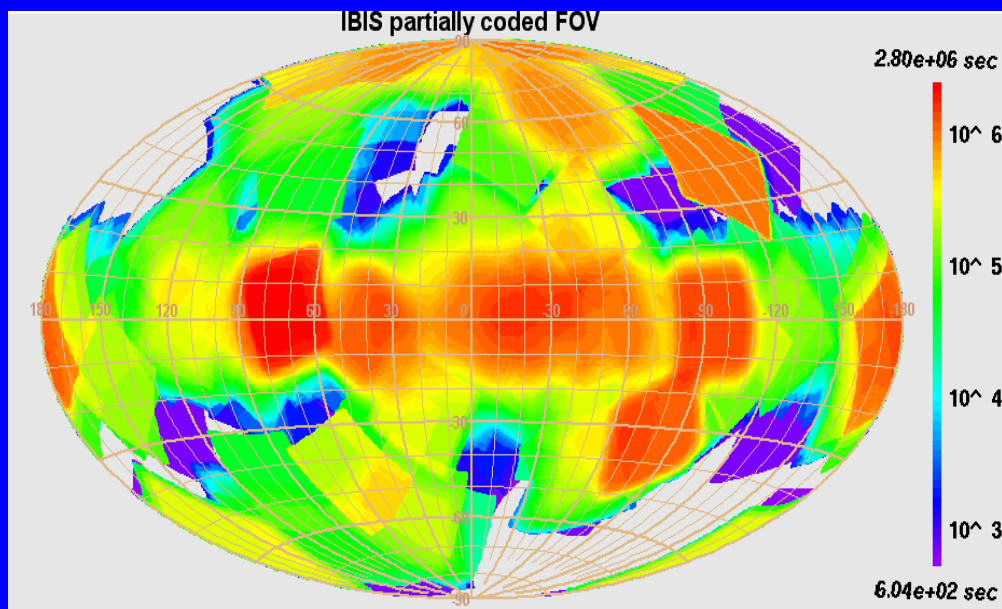


détection du  $^{44}\text{Ti}$  par COMPTEL  
→ Source très étendue ...

géométrie de l'émission du  $^{44}\text{Ti}$  ...?



# Recherche de SNRs «manquants»



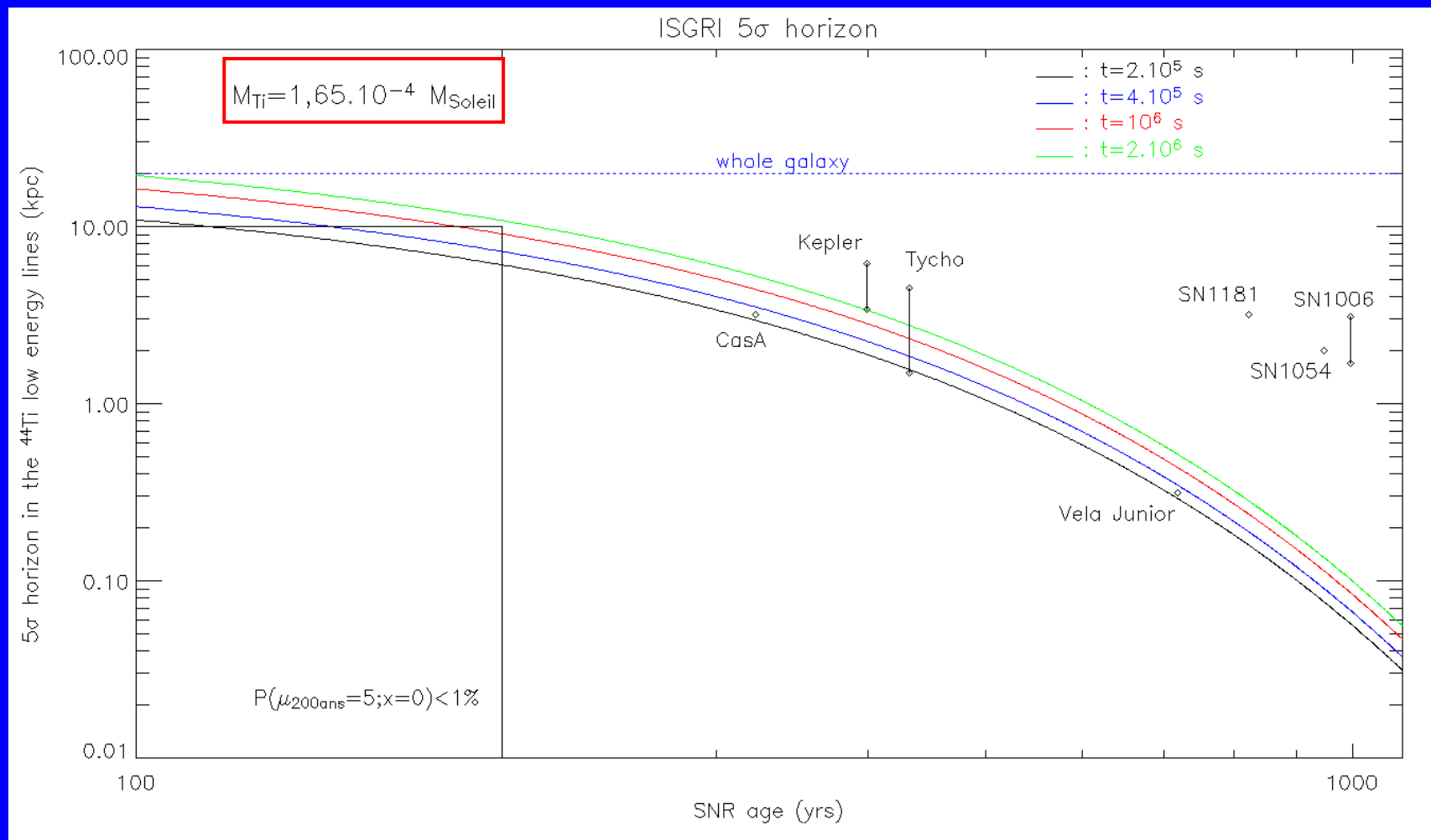
Recherche dans les régions centrales (+bras spiraux : Carène,...) :  
cartographie dans chacune des raies

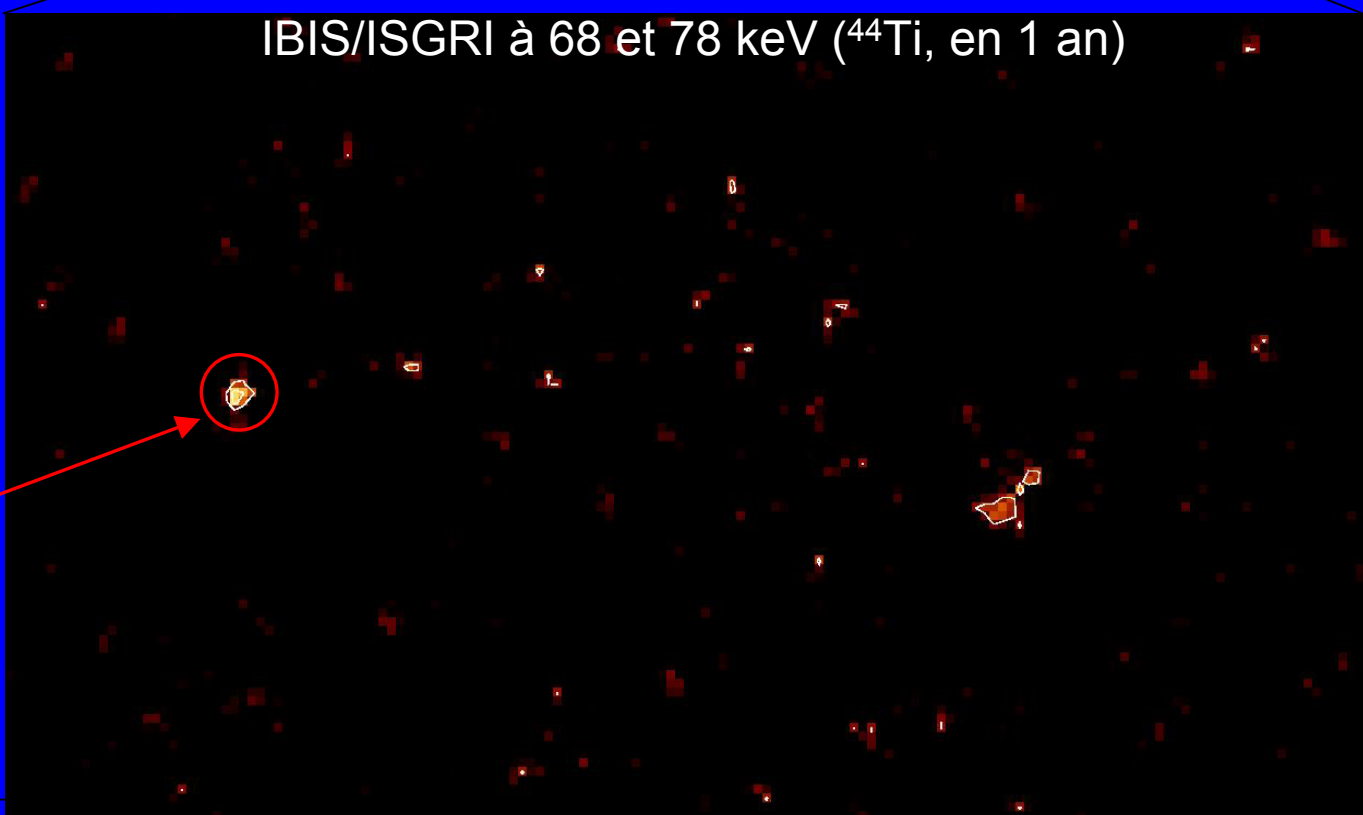
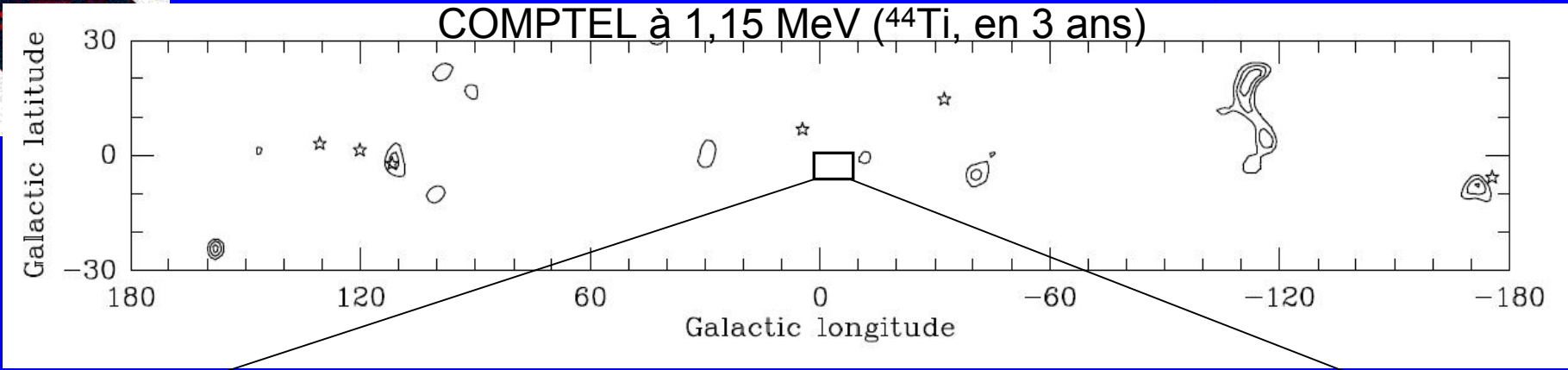
→ nouvelles sources

→ limites supérieures de détection



# Horizon à $5\sigma$ dans les raies du $^{44}\text{Ti}$ : $\rightarrow$ SNRs historiques $\rightarrow$ nouvelles sources





Supernova  
historique?



# Conclusion

## 1) Travail sur la cartographie des régions centrales dans le $^{44}\text{Ti}$

→ étude de **Kepler** ( $l=4.5^\circ, b=6.8^\circ$ )

→ nouvelle source...?

→ cartographie avec SPI à 1,15 MeV

## 2) Travail sur les sources étendues

→ courbe de sensibilité en fonction du rayon de la source

→ méthodes ON/OFF : connaissance du fond

→ application à **Vela Jr** : géométrie dans le  $^{44}\text{Ti}$

→ boule

→ anneau

→ hot spots

## 3) Autres sources : **Cas A** (calibration) , **Tycho** (détection...?)