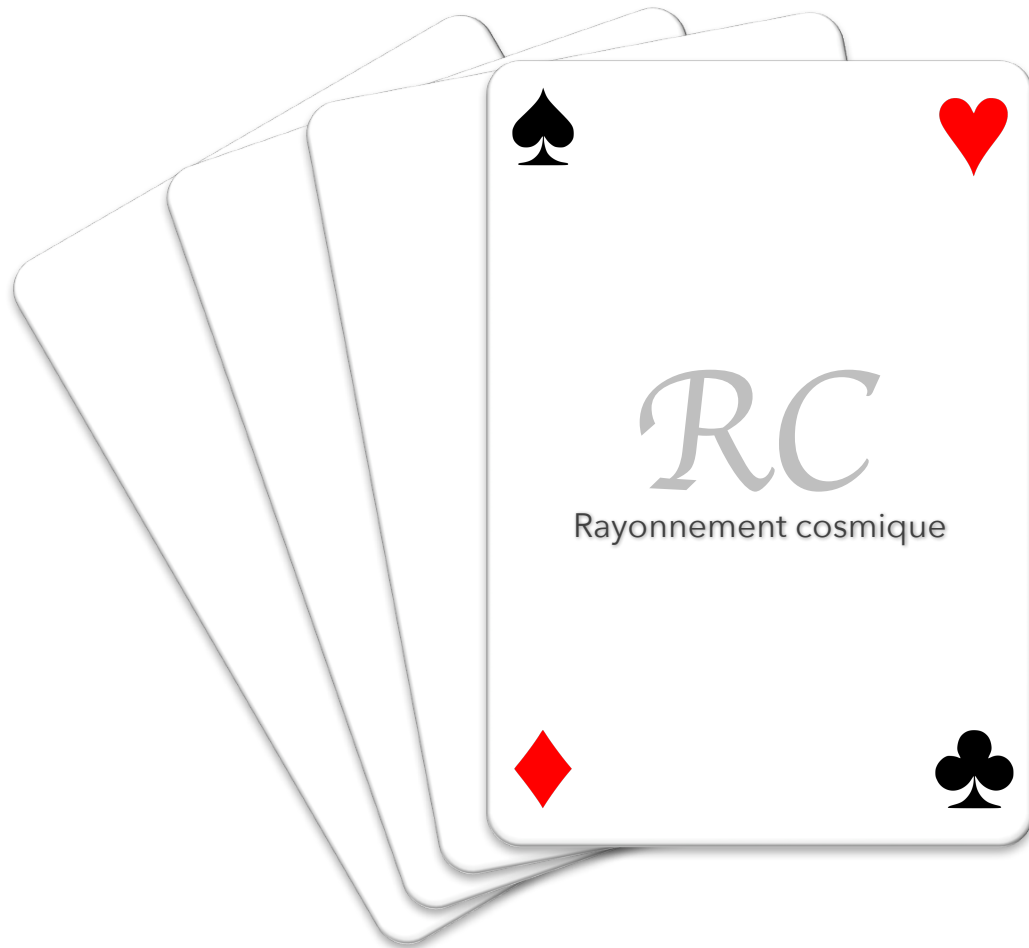


# CFRCos – Communauté Française du Rayonnement Cosmique

Atelier de printemps

25–27 mars 2018

APC, Paris



Étienne Parizot  
(APC, Université de Paris)



« La mixité immédiate »

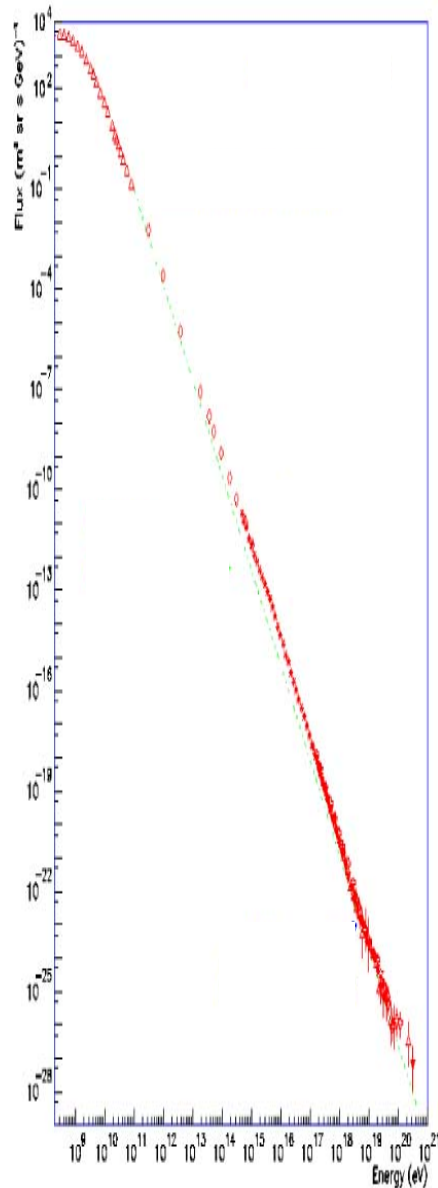


E.T. d'Orion @parizot etienne.parizot

# I - RAPPEL :

## Pourquoi s'intéresser au rayonnement cosmique ?

# Un fait d'observation exceptionnel



- surprise initiale, il y a un siècle...
- phénomène universel et sans équivalent connu
- cohérent sur 32 ordres de grandeur
- Hors équilibre !      → Renouvellement !

→ Pas tout à fait anecdotique !

# Une fenêtre sur les phénomènes cosmiques de haute énergie

## ✧ Le mystère des énergies extrêmes $> 10^{20}$ eV !

→ Comprendre l'accélération des particules

→ Contraindre les caractéristiques physiques des sources et les processus associés

## ✧ Interrelation avec les autres messagers

→ Astronomie multi-messagers

→ Importance des fonds diffus « cosmogéniques »

Largement sous-estimée ! (Il n'y a pas que les sources !)

## ✧ Au cœur de toute l'astronomie non thermique !

→ Les photons sont les messagers cosmiques par excellence, mais qui envoie le message ?

→ Les RC !



# Pierre angulaire de l'écologie galactique

## ✧ Le RC est acteur et régulateur de l'écologie galactique

- équilibre dynamique des phases du milieu interstellaire
- ionisation
- régulation de la formation d'étoiles
- astrochimie
- chauffage
- champ magnétique turbulent (+ halo)
- vent galactique

## ✧ RC: système nerveux du corps galactique !

## ✧ Évolution chimique (Li, Be et B)

## ✧ Motivation principale : « Quel est le rôle des RC ? »

## ✧ NB: phénomènes dominés par les RC de basse énergie... que l'on n'observe pas directement !

# Quid des UHECRs ?

- Quelles sources ?
- Quels mécanismes d'accélération ?
- Quelles caractéristiques à la source ? (spectre, composition)
- Quelle évolution ?

→ Quel « rôle » ?

- À quoi "servent"-ils ?
- Sont-ils un épiphénomène ?
  - Champ magnétique extragalactique...
  - Agents de liaison intergalactiques...  
(On reçoit de la matière d'autres galaxies !!!)
  - Agents d'une physique inconnue près de sources ?

## II – QUESTIONS MAJEURES

### #IMHO

- Quel est le rôle du RC ?
- Questions subsidiaires majeures

# Questions subsidiaires majeures (#imho)

- ✧ Origine du rayonnement cosmique
  - Inconnue, quelle que soit l'énergie !
- ✧ Mécanismes d'accélération (au pluriel ?)
- ✧ Évolution des sources (galactique et cosmologique)
  - NB: horizon GZK → enfance cachée de l'univers UHE !
  - Mais... neutrinos cosmogéniques ! (signatures potentielles de sources invisibles)
- ✧ Distribution des RC (dans le temps et dans l'espace)



# Sur l'origine du RC

## ✧ Énigme persistante à résoudre !

NB: dans un film policier, vous pourriez être certains que les SNRs ne jouent qu'un rôle marginal : suspects trop évidents !

Tout colle : énergie, spectre, composition, distribution spatiale, observations des sources non thermiques, observation in situ de l'accélération (système solaire)...

Sauf qu'en regardant de plus près, on s'aperçoit que...

Rien ne colle : (ou pas grand chose...)

- Li, Be, B : jamais de la vie !
- Composition : no way !
- Anisotropie : bof !
- SN isolées (observées en non thermique) très minoritaires
- Observation des SNRs :  $E_{\max} < 10\text{--}100 \text{ TeV}$

Certes, SNR jeunes possibles, mais... pas de « smoking gun » !

# Sur l'origine du RC

## ✧ Seule l'énergétique demeure !

Puissance cinétique des SNe :  $\sim 10^{42}$  erg/s

Puissance requise pour renouveler les RCs :  $\sim 10^{41}$  erg/s

=>  $\sim 10\%$  d'efficacité d'accélération :  $\sim \text{OK}$

## ✧ « Seuls les SNRs peuvent faire cela ! »

Sauf que... non !

- Pulsars jeunes ?
- Reconnexion magnétique ?
- Centre Galactique ?
- ?

## ✧ NB: Fermi Bubbles !!!

Où sont les RC des "épisodes AGN" de la Galaxie ?

(Voir le talk d'Étienne Jaupart !)

# III - RECOMMANDATIONS

## ✧ Gardons l'esprit ouvert !

Même un « smoking gun » ne prouve pas que la balle ayant été tirée est celle qui a tué la victime...

## ✧ Ouvrons la perspective !

S'intéresser à la « big picture » : placer le RC dans un contexte plus vaste (écologie galactique et extragalactique...)

## ✧ Soyons rigoureux dans notre ignorance !

Ne pas faire dire aux données ce qu'elles ne disent pas !

Fuir la facilité, l'air du temps de la com' et la « course aux clics » !

## ✧ Aimons les données !

Davantage de données, plus diverses (multi-messagers, multi- $\lambda$ , MIS), mieux croisées, à toutes les énergies (transition Gal/Extragal)

## ✧ Créons les conditions d'un échange pertinent !

...entre les acteurs du domaine (collégialité et profondeur !)

Avec ou sans les tutelles !

## ✧ Montrons-nous à la hauteur de notre sujet !

Nous avons de l'or dans les mains !

Le rayonnement cosmique est un trésor universel !

Nos tutelles ont-elles une pleine perception de la richesse du RC et de son importance pour la compréhension de l'univers physique et pour la connaissance en général ?

Au moins soyons dignes de la grâce qui nous est accordée !



Vive le rayonnement cosmique !



Merci !