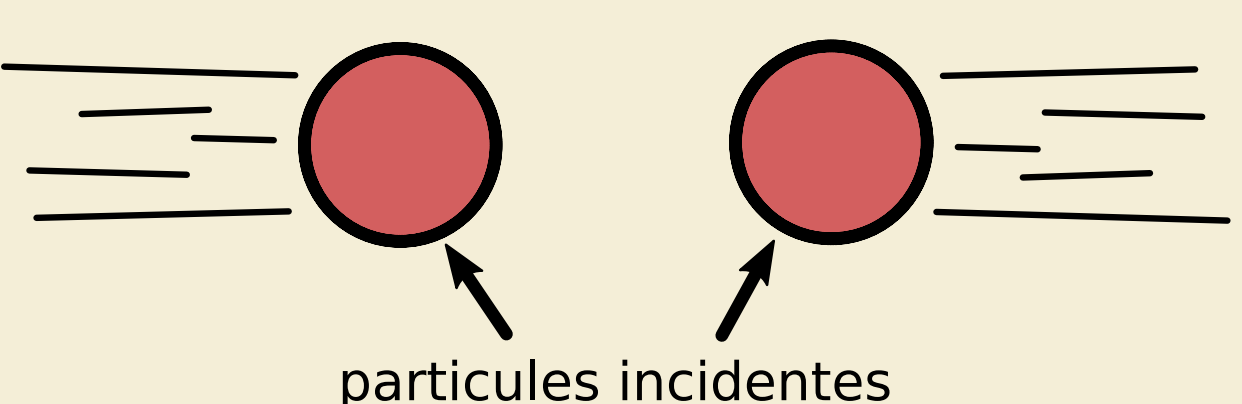


Production de photons gamma collimatés pour la création de paires électron-positron

L. Esnault*, X. Ribeyre, E. d'Humières
CELIA, Talence
*leo.esnault@u-bordeaux.fr

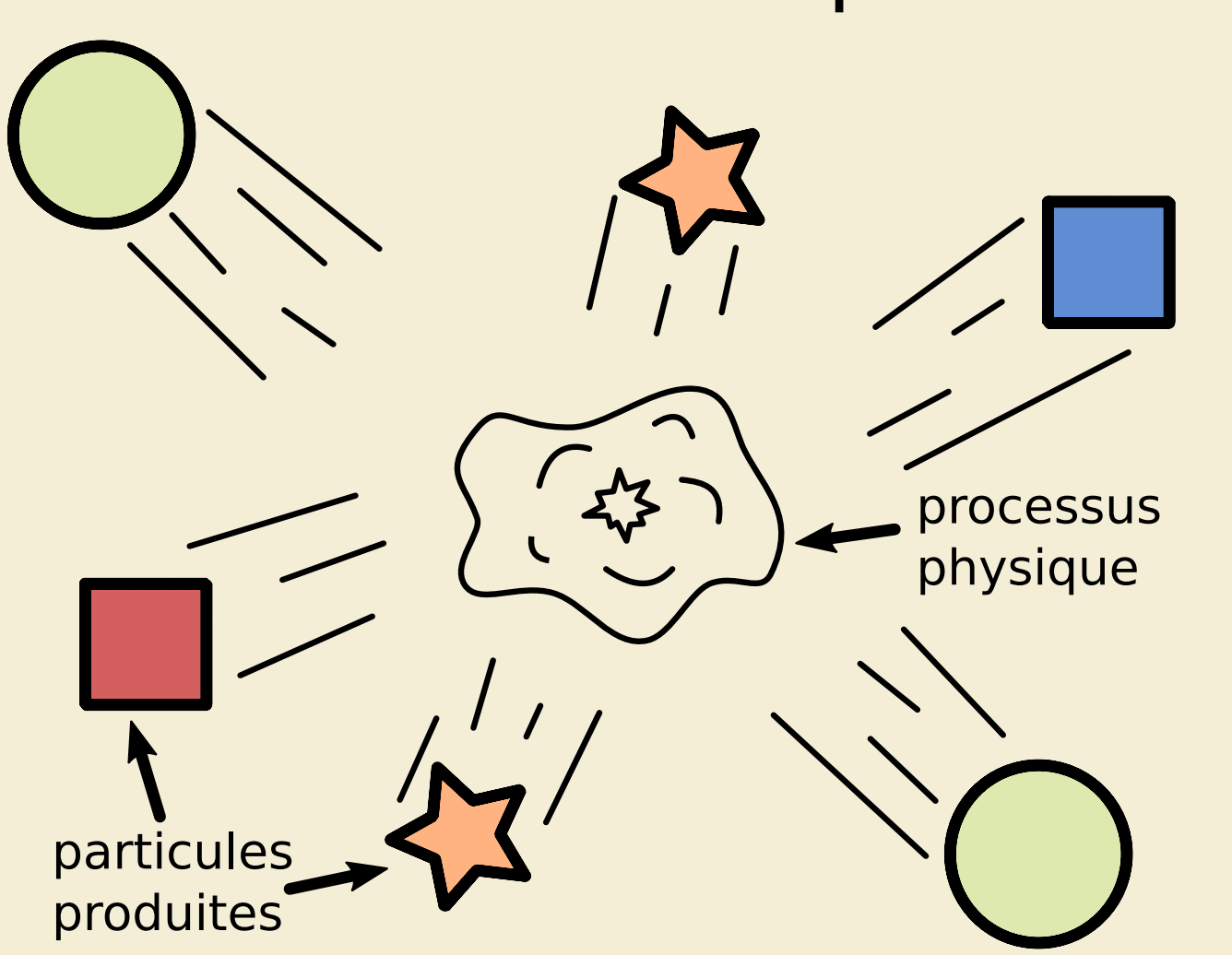
Pour étudier la matière à très petite échelle, on fait souvent le même type d'expériences.



particules incidentes

On accélère des particules pour les faire collisionner ...

et en observant ce qui en sort

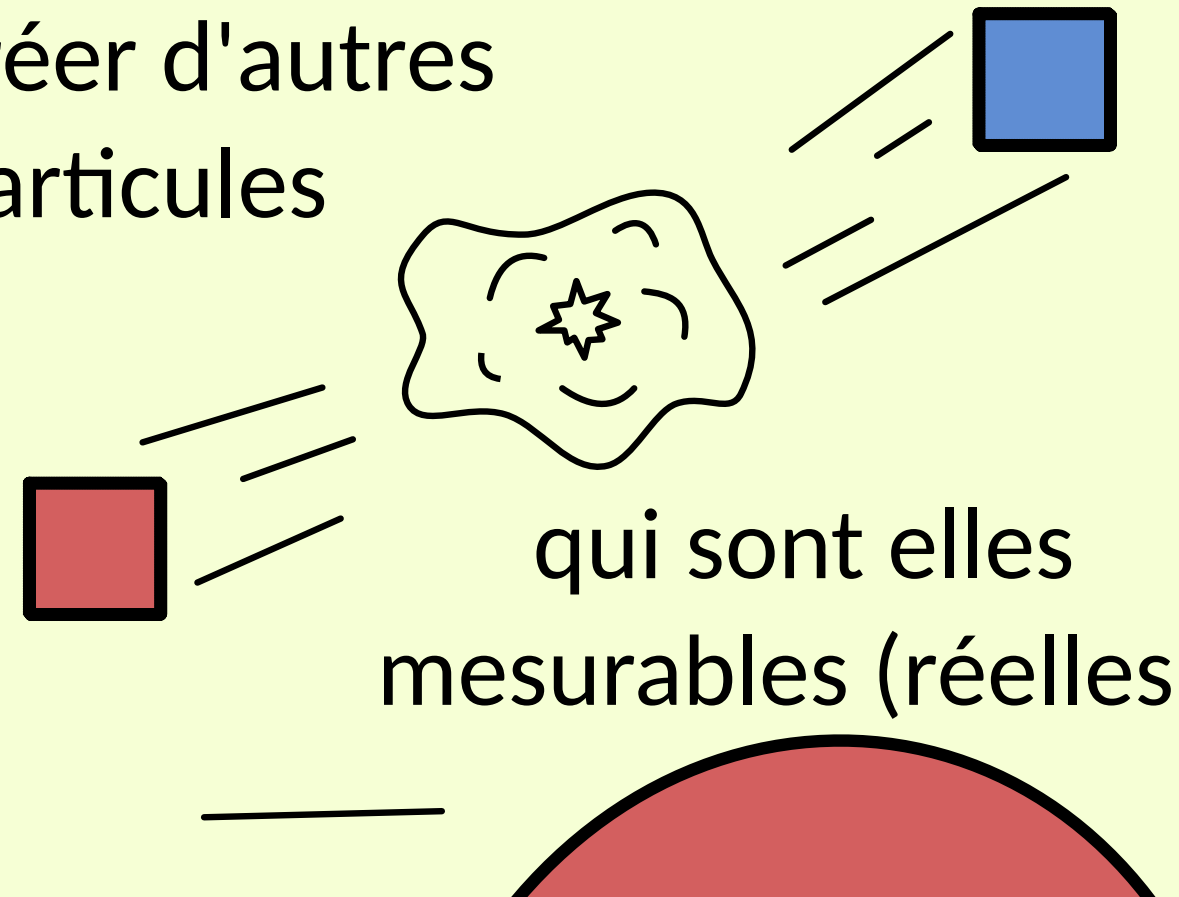


processus physique

particules produites

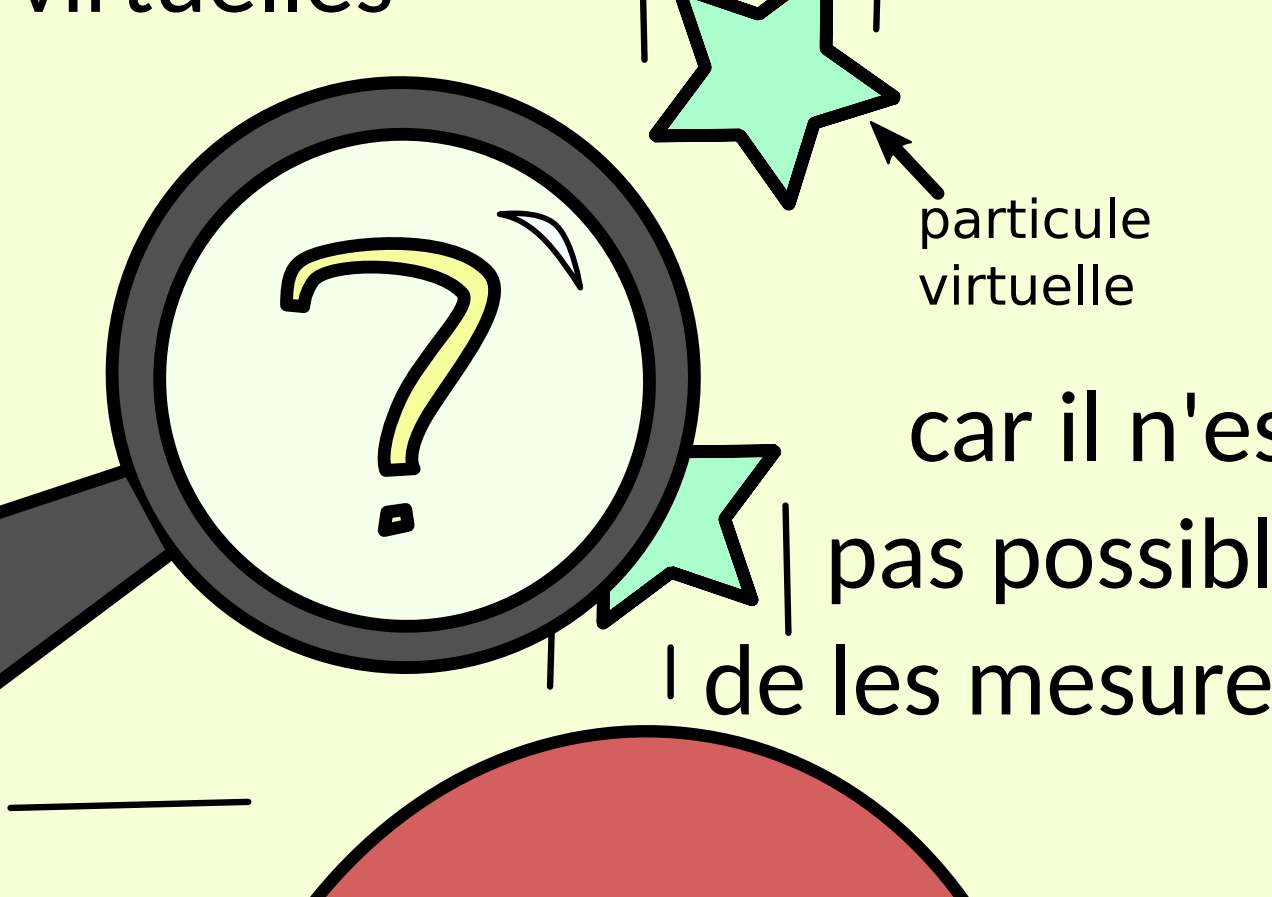
on en déduit des choses sur la manière dont elles fonctionnent.

Elles peuvent toutefois créer d'autres particules



qui sont elles mesurables (réelles).

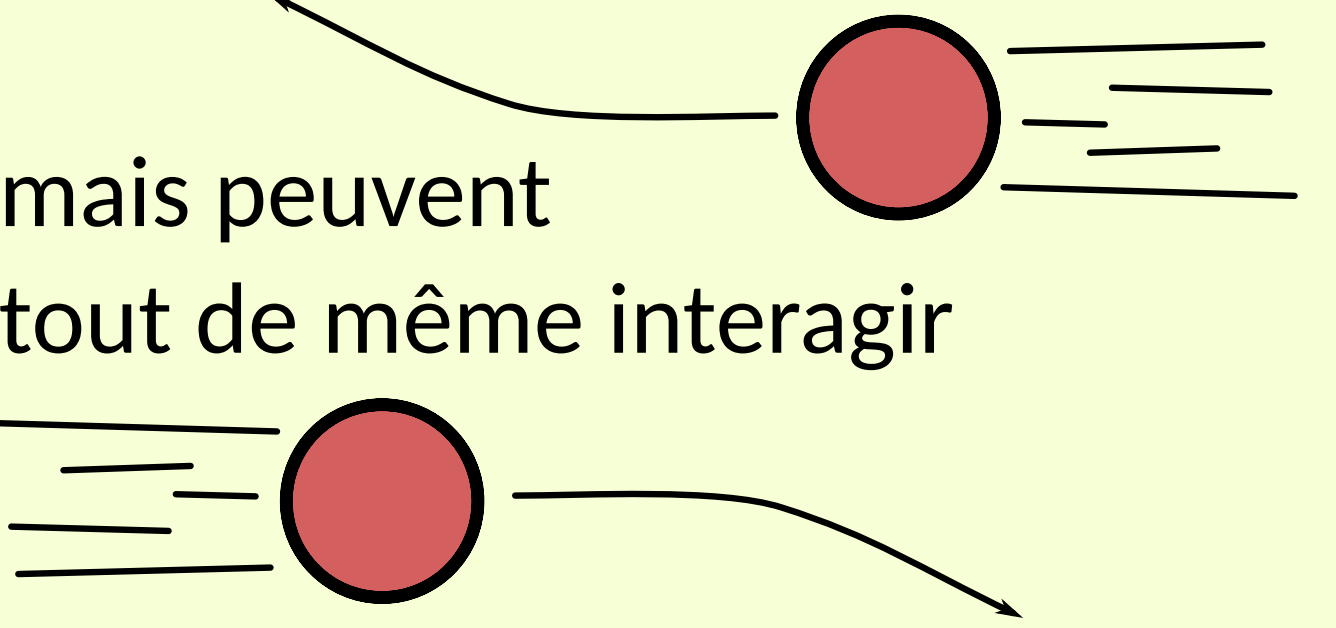
On les appelle virtuelles



particule virtuelle

car il n'est pas possible de les mesurer.

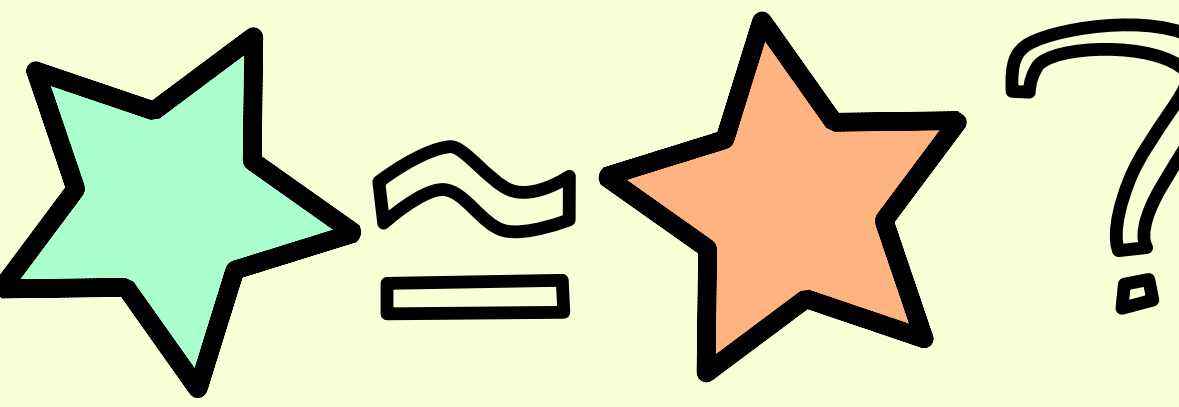
Parfois, les particules ne collisionnent pas frontalement



mais peuvent tout de même interagir

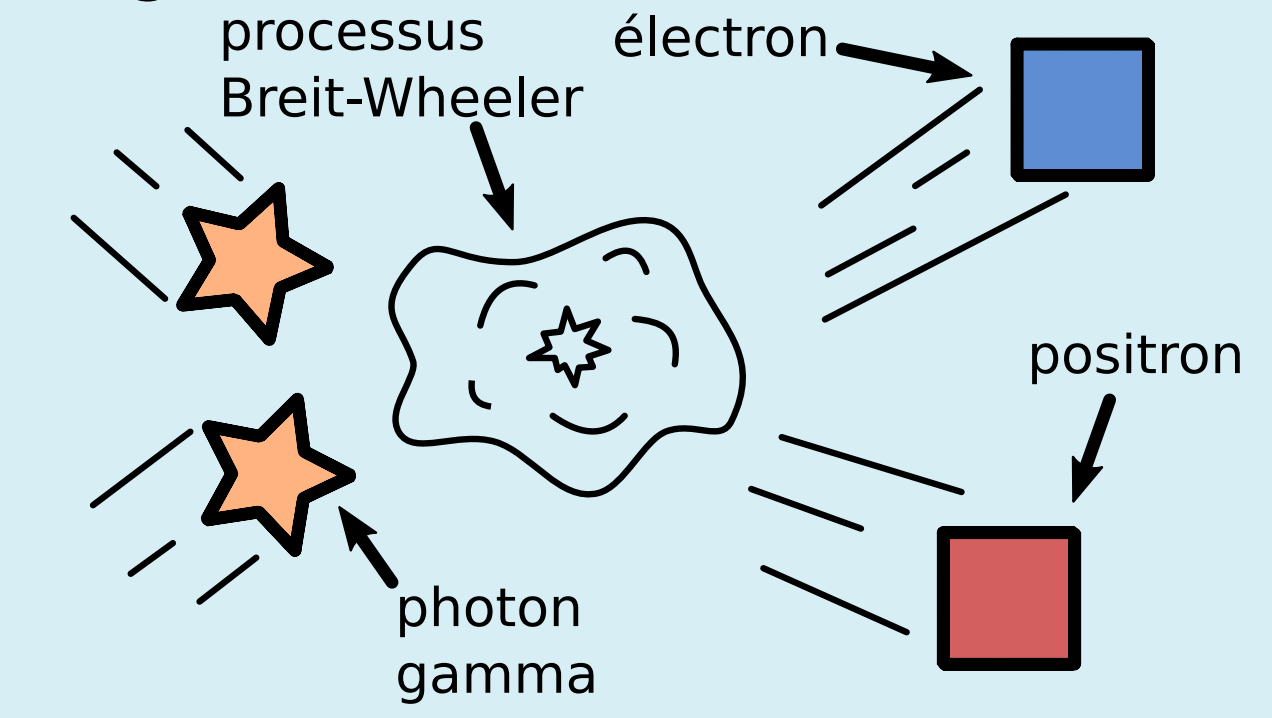
en s'échangeant des particules dites virtuelles.

Les collisions de particules virtuelles ont déjà été très étudiées^[1] et ont toujours un grand intérêt théorique^[2]



mais comme on ne peut pas les détecter, on est obligé de faire des hypothèses sur leurs caractéristiques^[1].

Plusieurs équipes^{[3][4]} proposent d'étudier la collision de photons gamma réels (mesurables)



processus Breit-Wheeler

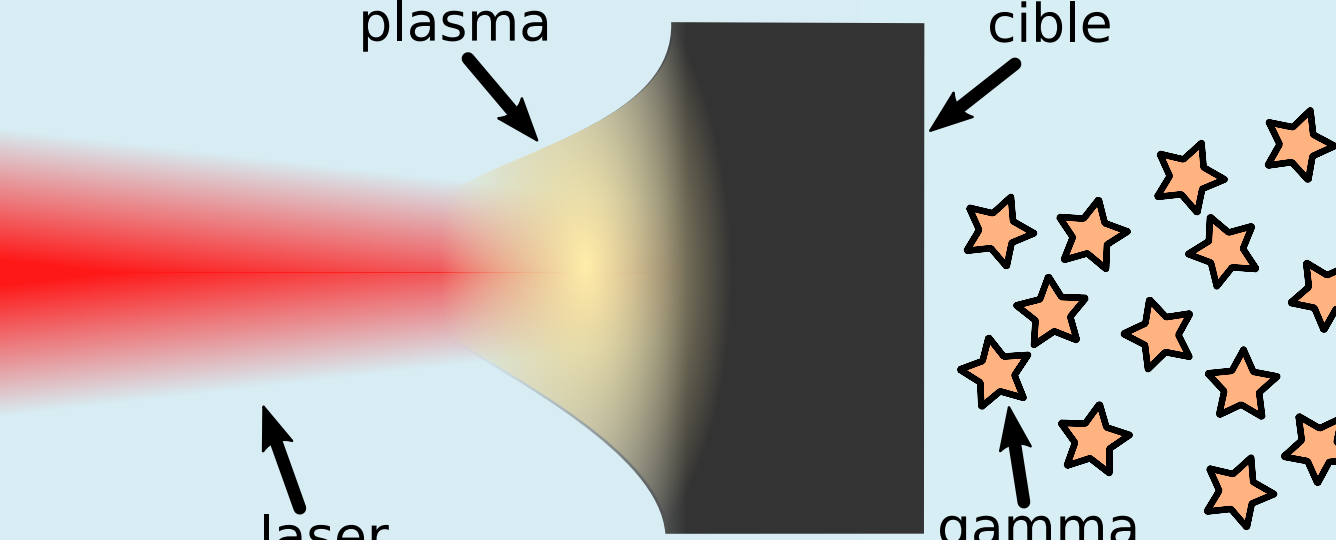
électron

positron

photon gamma

car il est prédit depuis 1934 qu'ils peuvent créer une paire électron-positron^[5]

bien que cela n'ait jamais été observé car il n'existe pas de sources gamma adéquates.



plasma

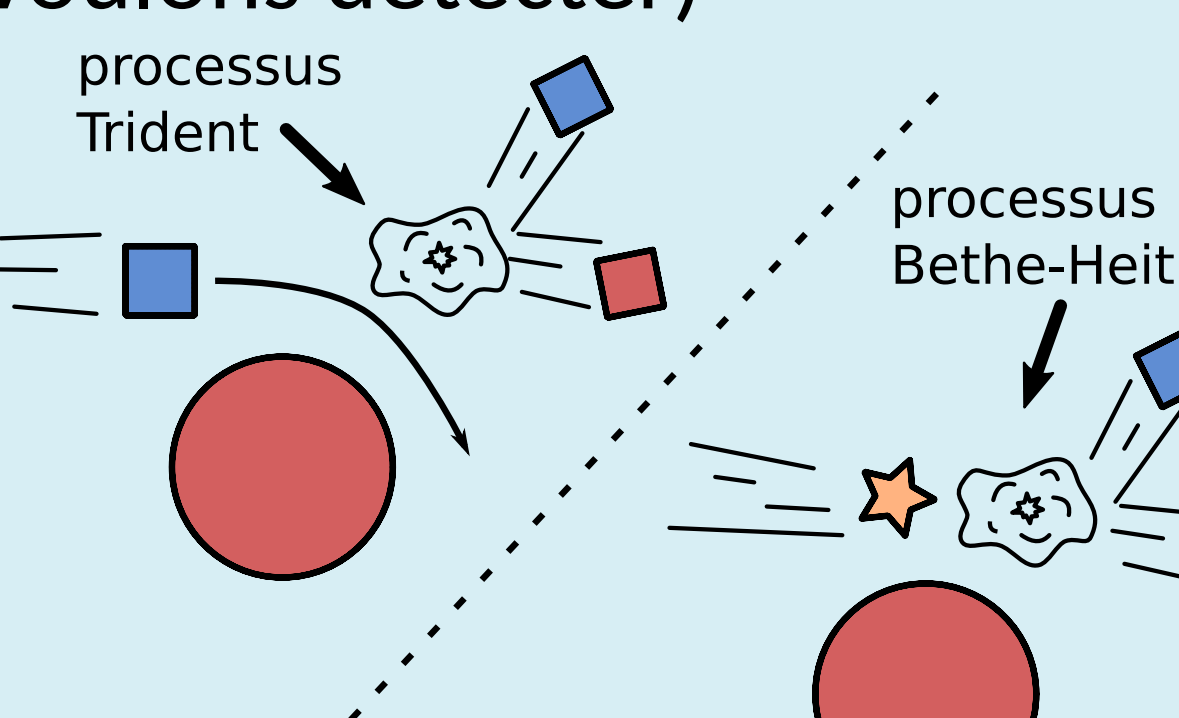
cible

laser

gamma

Nous voulons créer de telles sources^[4] en utilisant un laser ultra-intense sur une cible solide métallique ;

La difficulté, c'est que les positrons (ce que nous voulons détecter)

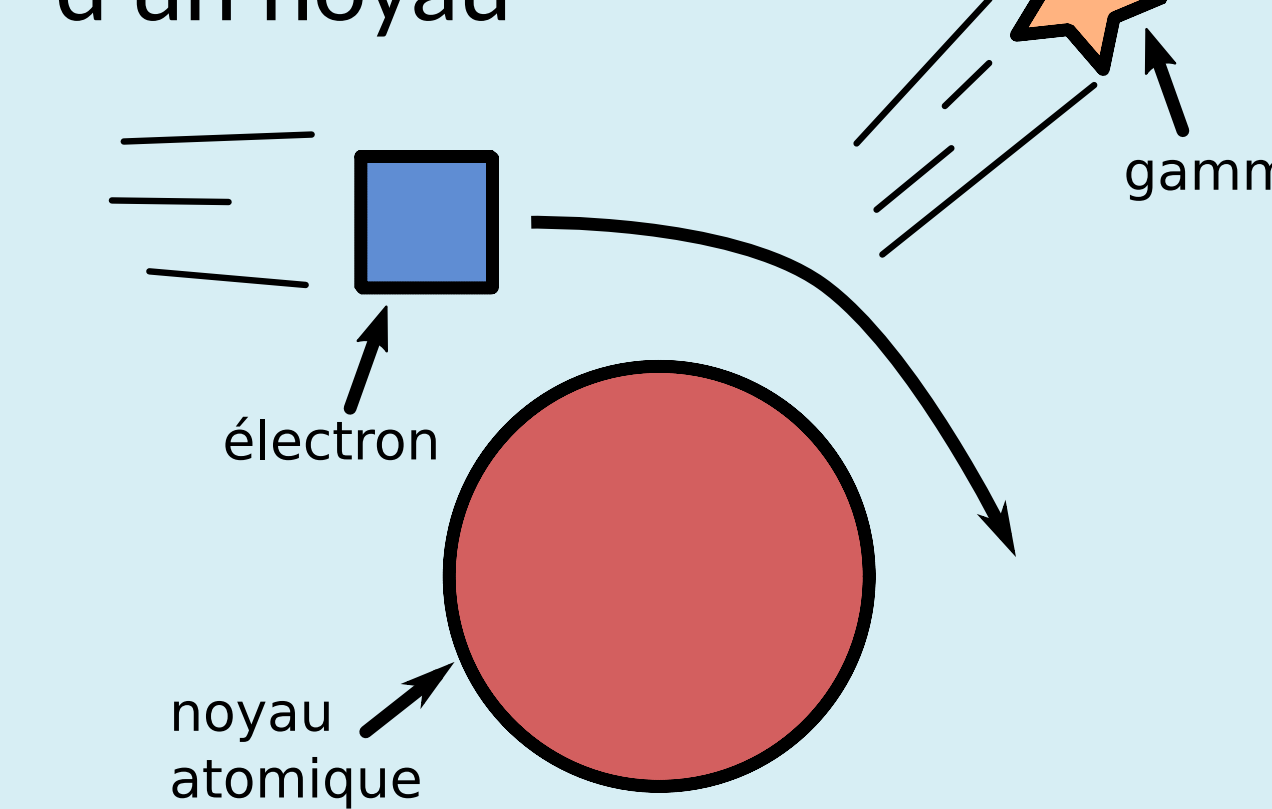


processus Trident

processus Bethe-Heitler

sont aussi créés par d'autres processus dans le matériau^[6].

peuvent créer des photons gamma au voisinage d'un noyau



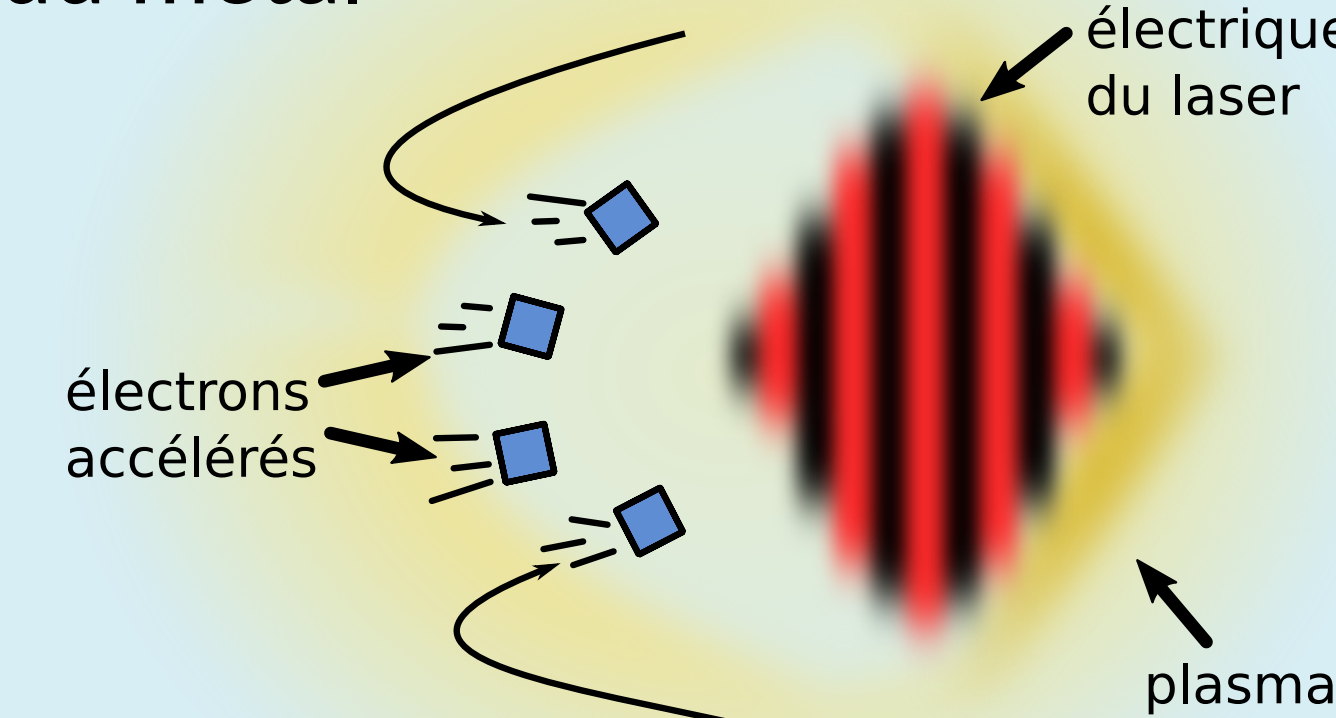
électron

noyau atomique

gamma

par un processus appelé rayonnement de freinage.

en effet, le laser peut accélérer fortement quelques électrons du métal



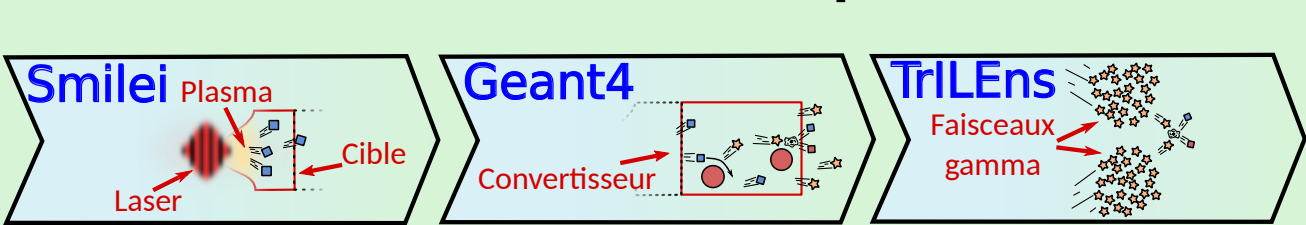
Champ électrique du laser

électrons accélérés

plasma

et ceux-ci, se propageant dans la matière,

Mes travaux de thèse consistent donc à faire des simulations numériques



Smilei Plasma

Geant4

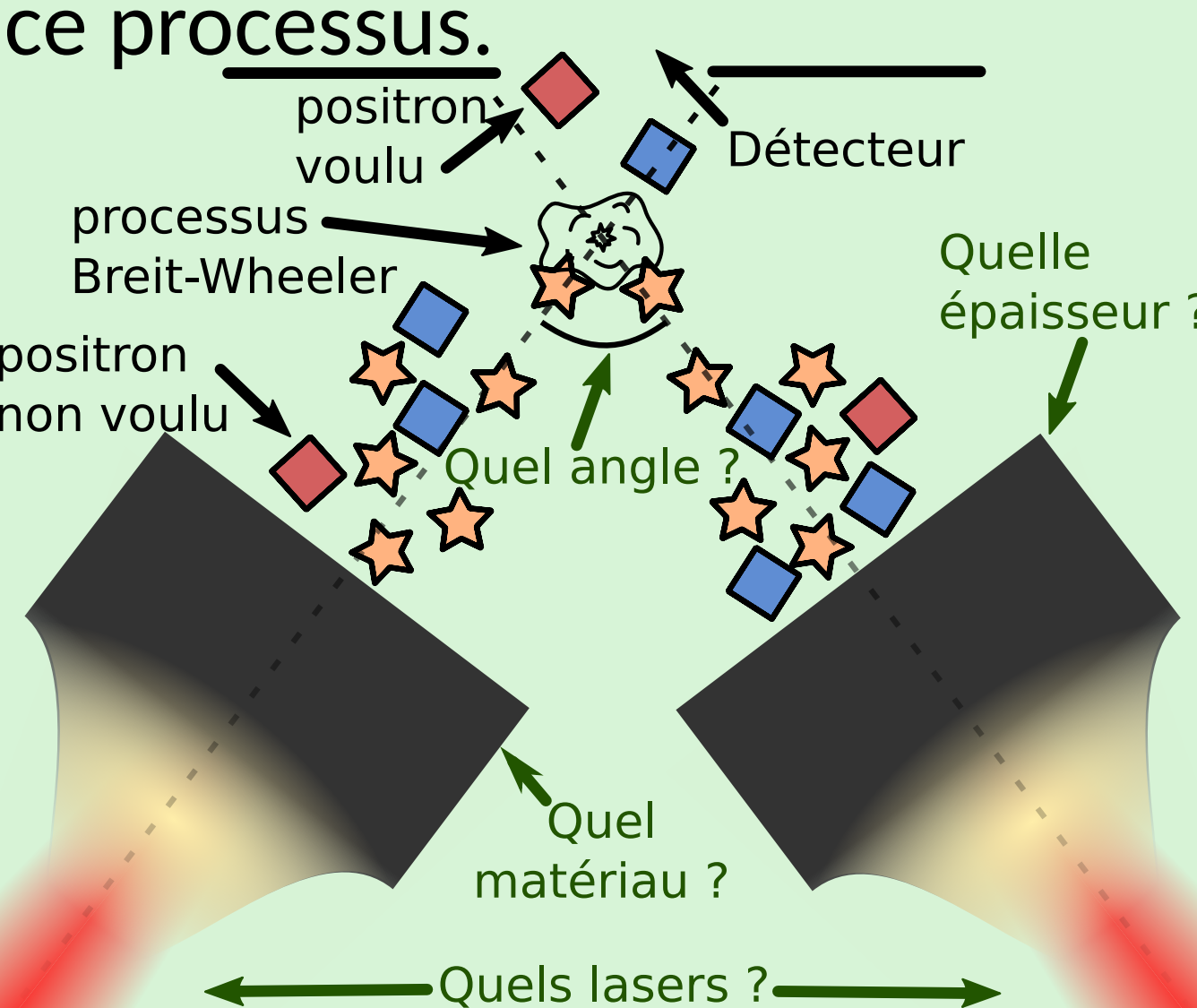
TrILens

et des calculs théoriques

$$\sigma_{\gamma\gamma\rightarrow e^-e^+}(\beta) = \frac{\pi}{2} r_e^2 (1 - \beta^2) [(3 - \beta^4) \ln \frac{1 + \beta}{1 - \beta} - 2\beta(2 - \beta^2)]$$

pour estimer la création de paires électron-positron par collision de photons gamma

afin de déterminer la meilleure configuration pour observer ce processus.



positron voulu

positron non voulu

processus Breit-Wheeler

Détecteur

Quel angle ?

Quel matériau ?

Quels lasers ?

[1] Budnev V. M. et al., Phys. Reports, 1975.

[2] de Jeneret J. et al., arXiv, 2009.

[3] Pike O. J. et al., Nature Photonics, 2014.
Drebot I., et al., Phys. Rev. Accel. Beams , 2017.
Yu J. Q. et al., Phys. Rev. Lett., 2019.

[4] Ribeyre X. et al., Phys. Rev. E, 2016.

[5] Breit G. and Wheeler J. A., Phys. Rev., 1934.

[6] Ruffini R. et al., Phys. Reports, 2010.