

## 12 - La fusion nucléaire

Durée : 45 min

Objectifs de la séance :

- Appréhender le mécanisme physique de fusion nucléaire

**Matériel** : Cartes neutrons et protons ; cartes photons gamma ; saladier

### 1) Mise en place :

Dégager un espace vide dans la classe en repoussant tables et chaises (min 3m x 5m). Vous pouvez le délimiter avec des tables, des chaises, des murs, de la ficelle ou des repères.

### 2) Explications :

Rappeler/Expliquer avec la méthode pédagogique de votre choix ce qu'est un proton, un électron, un neutron, un atome.

Enoncer le fait que l'on va jouer avec des protons (noyaux d'hydrogène) au cœur de l'étoile pour voir comment elle produit de l'énergie (de la lumière).

### 3) Démarrage du jeu :

Distribuer un bandeau (ou une carte) « **Proton** » à chaque élève, et leur demander de le montrer / de l'accrocher sur eux face « **Proton** » bien visible.



Bandeau côté « proton »

Bandeau côté « neutron »

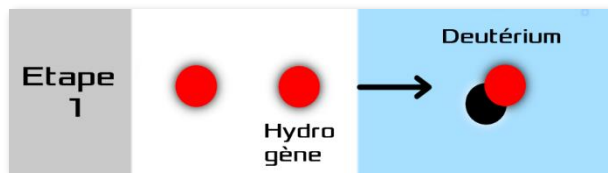
### 4) Expliquer les règles du jeu :

L'espace de jeu représente le cœur de l'étoile. C'est uniquement là-dedans (durant la majeure partie de la vie de l'étoile) qu'a lieu la production d'énergie par fusion nucléaire (fabrication d'atomes).

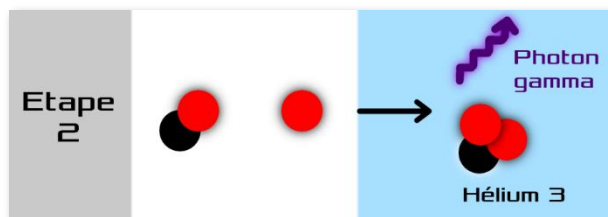
- Règle n°1 :** Les **protons** se déplacent dans l'espace de jeu en ligne droite (sans courir).
- Règle n°2 :** Lorsqu'un **proton** rencontre la frontière, il change de direction.
- Règle n°3 :** Lorsqu'un **proton** entre en collision (touche) un autre **proton** ou un élément, on applique la **règle de collision**.



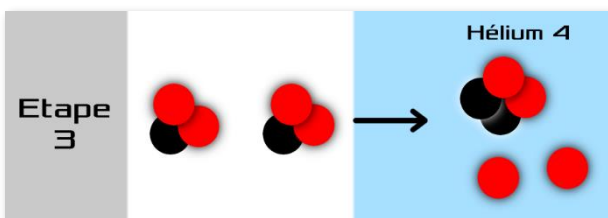
Vous pouvez confier le rôle d'arbitre à un ou deux jeunes ou le faire vous-même. L'arbitre signale les collisions quand elles ont lieu, stoppe le jeu et rappelle la règle à appliquer avant de relancer le jeu. Vous pouvez expliquer la **règle de collision** au fur et à mesure ou bien au début du jeu. La règle est rappelée sur des affiches A4.



**Etape 1 : Deux protons se rencontrent.** L'un des deux retourne son bandeau pour devenir un **neutron**. Les deux joueurs restent accrochés par le bras et continuent à jouer sous la forme de l'élément **Deutérium**.



**Etape 2 : Un proton rencontre un élément de deutérium.** Les trois joueurs **produisent un photon** en s'accrochant, et continuent à jouer sous la forme de l'élément **Hélium 3**.



**Etape 3 : Deux éléments Hélium 3 se rencontrent.** Deux **protons** sont libérés et retournent en jeu seuls. Les 4 autres joueurs s'accrochent et continuent à jouer sous la forme de l'élément **Hélium 4**.

**Toute autre rencontre est sans effet : les joueurs changent simplement de direction.**

A chaque fois que l'**étape 2** se produit, un **photon gamma** (particule de lumière) est produit. L'arbitre ajoute un **photon gamma** au saladier.



## 5) Fin du jeu :

C'est vous qui décidez quand le jeu s'arrête :

- Quand il y a suffisamment d'hélium 4 pour que les collisions deviennent majoritairement sans effet.
- Quand un certain nombre de photons a été produit.



- Quand les joueurs ont compris le principe de la fusion dans le cœur de l'étoile et qu'ils peuvent jouer sans la fiche d'aide.
- Au bout d'une certaine durée (15-20 min, typiquement).

Faire un bilan participatif à la fin de ce jeu, recueillez les interprétations des joueurs.

### Idées à faire ressortir :

- La probabilité de produire un photon dans un temps donné est très faible.
- Pour que ça aille plus vite il faut augmenter le nombre de collisions en un temps donné. Pour ce jeu cela se fait en réduisant l'espace de jeu ou en augmentant le nombre de joueurs.
- Et dans une vraie étoile ? Plus le cœur est dense, plus il est chaud, plus il y a de réactions simultanées, plus il y a de production d'énergie. Et aussi, plus le carburant se consume vite, c'est-à-dire, plus son temps de vie est court.

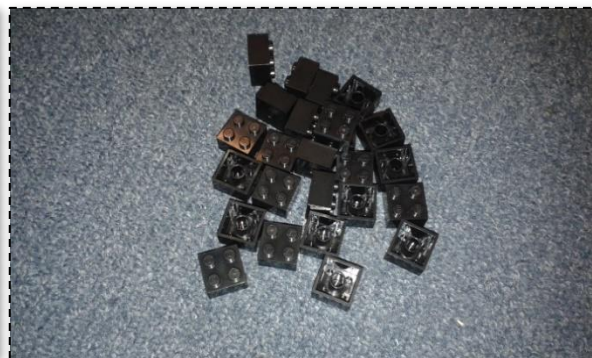
### [Autre option] La fusion nucléaire « en LEGO »

**Matériel :** LEGO rouges et noirs, saladier, cartes photons gamma

*A faire en alternative ou en complément du jeu précédent*

#### 1) Mise en place :

Placez **25 LEGO rouges** dans un saladier, et de même dans un autre. Placez **12 LEGO noirs** à proximité de chaque saladier.



Constituez deux pioches de **photons** avec une quantité égale de cartes. Placez-en une à proximité de chaque saladier.

#### 2) Explications :

Les saladiers représentent les cœurs de 2 étoiles, contenant des **protons** (LEGO rouges). Les LEGO noirs représenteront les **neutrons** dont on aura besoin. Rappeler la règle de collision et mettez l'affiche bien en évidence afin que les joueurs puissent s'y référer tout en jouant.

#### 3) Démarrage du jeu :



Faites deux équipes d'effectifs égaux. Le but du jeu est de produire plus de **photons** que l'autre équipe en un temps donné (10-20 min). Installer chaque équipe autour de leur cœur d'étoile respectif.

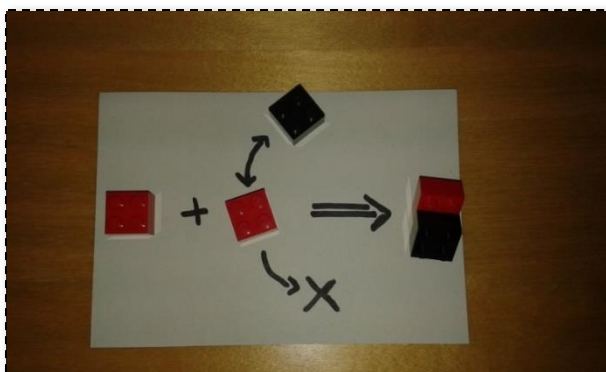
#### 4) Expliquer les règles du jeu :

<b>Règle n°1 :</b>	Piocher deux éléments dans le saladier sans regarder.
<b>Règle n°2 :</b>	Regarder les éléments piochés, et appliquer la règle de collision : on accroche ensemble les LEGO (ou on les défait) s'il y a un effet.
<b>Règle n°3 :</b>	On replace les produits d'une collision (avec ou sans effet) dans le saladier, afin de pouvoir les piocher à nouveau plus tard.
<b>Règle n°4 :</b>	Si on produit un photon, on pioche un photon et on le place de l'autre côté de son saladier (ou on le donne à l'animateur jouant le rôle d'arbitre).

#### Attention :

- Quand on pioche 2 **protons**, on fabrique l'élément **deutérium** : on retire du jeu (i.e. on ne le remet pas dans le saladier) l'un des deux **protons**, et on prend un **neutron** à la place, et on accroche ce **proton** et ce **neutron**. On replace ainsi ce **deutérium** dans le saladier.
- Quand on pioche 2 **hélium 3**, on fabrique un **hélium 4** que l'on replace dans le saladier, mais les 2 **protons** qui s'échappent reviennent dans le saladier aussi.

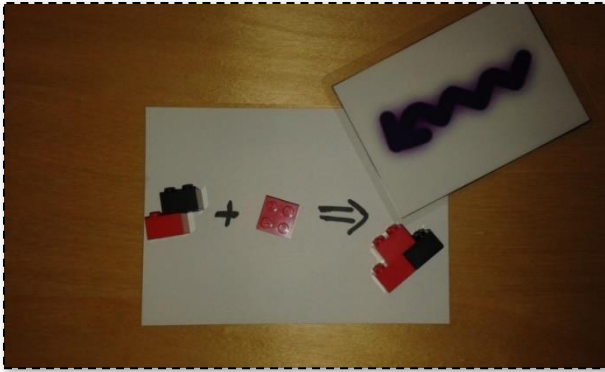
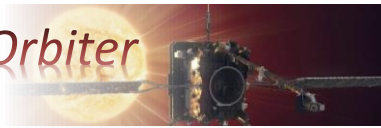
C'est aux équipes de trouver la méthode de jeu la plus efficace pour produire un maximum d'énergie en un temps donné : on joue un par un ? 2 par 2 ? Tous en même temps ?



#### Etape 1 :

Attention, le **proton** que l'on a transformé en **neutron** ne retourne pas dans le saladier.

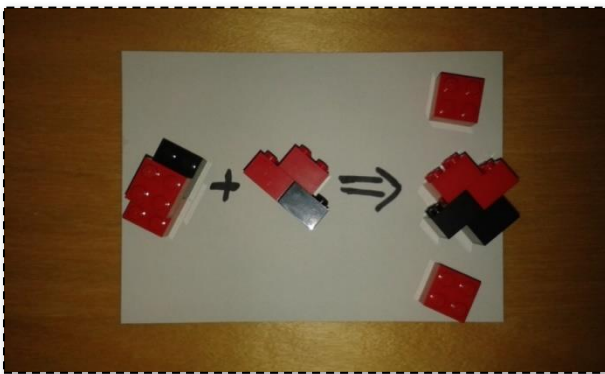
On remet le **deutérium** dans le saladier.



**Etape 2 :**

On pioche un **photon**.

On remet l'**hélium 3** dans le saladier.



**Etape 3 :**

On remet 2 **protons** et un **hélium 4** dans le saladier.

**5) Fin du jeu :**

C'est vous qui décidez quand le jeu s'arrête :

- quand il y a suffisamment d'hélium 4 pour que les collisions deviennent majoritairement sans effet.
- quand un certain nombre de photons a été produit.
- quand les joueurs ont compris le principe de la fusion dans le cœur de l'étoile et qu'ils peuvent jouer sans aide.
- au bout d'une certaine durée (15-20 min, typiquement).

**Faire un bilan participatif à la fin de ce jeu, recueillez les interprétations des joueurs.**

**Idées à faire ressortir :**

- La probabilité de produire un photon dans un temps donné est très faible.
- Pour que ça aille plus vite il faut augmenter le nombre de collisions en un temps donné. Pour ce jeu cela se fait en faisant piocher plus de joueurs en même temps.
- Et dans une vraie étoile ? Plus le cœur est dense, plus il est chaud, plus il y a de réactions simultanées, plus il y a de production d'énergie. Et aussi, plus le carburant se consume vite, c'est-à-dire, plus son temps de vie est court.