

# UNE ACTIVITE SUR TACTILEO-MASKOTT D'ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE EN MODALITE HYBRIDE : ITER, UN SOLEIL SUR TERRE... AFIN DE LA PRESERVER ?

Cette activité propose d'étudier le principe de fonctionnement d'ITER, projet international de construction d'un réacteur expérimental dans le centre de la France dont l'objectif est de montrer qu'il est possible de contrôler le processus de fusion nucléaire afin de reproduire sur Terre l'équivalent d'une petite étoile, et de l'utiliser pour produire de l'électricité sans émission de CO<sub>2</sub> (1).

Les objectifs sont, tout en traitant une partie du programme d'enseignement scientifique de la classe de 1<sup>ère</sup> générale, de développer l'esprit critique en abordant les questions économiques et environnementales qui entourent le projet, et ainsi de sensibiliser aux enjeux du développement durable.

Un second objectif est de mettre à profit l'utilisation de la ressource numérique Tactileo—Maskott en lycée pour développer l'autonomie des élèves et mettre en œuvre une activité en modalité hybride, voire distancielle.



Oak Ridge National Laboratory, CC BY 2.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons

## Sommaire

### Présentation et contexte général de l'activité

#### Pourquoi une activité sur ITER ?

[Programme d'Enseignement Scientifique de la classe de 1<sup>ère</sup>](#)

[Eduquer au développement durable](#)

[Développer l'autonomie dans les apprentissages](#)

[Développer l'esprit critique](#)

#### L'activité « ITER : Un Soleil sur Terre... afin de la préserver ? »

[Structure générale](#)

[Premier module : Introduction au projet ITER](#)

[Deuxième module : Fusion et masse solaire](#)

[Troisième module : Synthèse orale](#)

[Quatrième module : Un projet respectueux de l'environnement ?](#)

[Cinquième module : Conclusion](#)

[Le parcours complet : Un Soleil sur Terre... afin de la préserver ?](#)

## Annexes

Annexe 1 : Accéder au parcours – vue élève (copies d'écrans)

Annexe 2 : Contenu détaillé des modules (copies d'écrans)

Annexe 3 : Vue enseignant – Paramétrage du parcours et suivi des élèves (copies d'écrans)

Annexe 4 : Propositions de séquences

## Références

## Présentation et contexte général de l'activité

Cette activité a été construite sur la plateforme Tactileo-Maskott dans un contexte qui est celui de « Lycées'UP Ressources 2021-2022 », c'est-à-dire de l'expérimentation de différentes ressources numériques dans les lycées franciliens.



La Région Ile de France ayant en effet déployé l'ENT monlycée.net dans tous les lycées publics, et doté les élèves d'équipement individuels (PC ou tablettes), cette expérimentation a été menée entre les mois de mars 2021 et de juin 2022 dans certains lycées « pilotes » afin d'évaluer la pertinence d'enrichir le catalogue global des ressources accessibles par l'ENT avec de nouvelles ressources numériques dont les objectifs s'articulaient autour de trois grands thèmes :

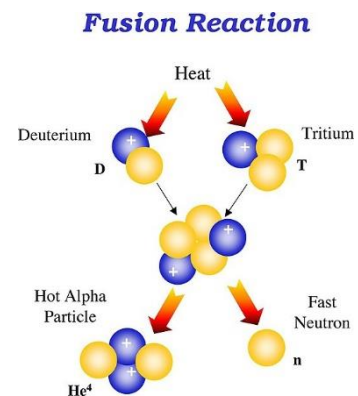
- Développer l'autonomie dans les apprentissages ;
- Encourager l'accompagnement éducatif et culturel ;
- Favoriser la créativité et le savoir-être.

Lors de cette expérimentation, l'application Tactileo – Maskott était incluse dans la liste des ressources associées au thème « Encourager l'accompagnement éducatif et culturel » car elle propose en effet des banques de ressources dans des disciplines et thèmes variés, dont celui du développement durable et de l'écologie. Cependant, telle qu'elle a été construite, les objectifs de cette activité pour les élèves sont multiples :

- Traiter d'une part une partie du programme officiel d'Enseignement Scientifique de la classe de 1<sup>ère</sup> (Bulletin officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019) (2) ;
- Permettre, à travers une question du programme officiel d'Enseignement Scientifique, de sensibiliser les élèves au développement durable et ainsi de renforcer l'EDD en tant qu'éducation transversale ;
- Développer l'autonomie des élèves en proposant une activité réalisable en classe, mais aussi, pour tout ou partie, en distanciel : en effet, en sus de la disponibilité de certaines ressources sur Tactileo-Maskott, cette application web constitue aussi une plateforme de création et de partage de contenus interactifs en ligne, consultables et réalisables à la maison et donc en autonomie ;
- Favoriser la motivation et les apprentissages en misant sur l'intérêt que suscite chez les élèves la consultation de ressources multimédias de natures différentes (vidéos, textes...) ainsi que l'utilisation d'outils numériques interactifs permettant un feedback potentiellement immédiat ;
- Développer l'esprit critique en abordant la question scientifique avec une approche qui ne soit pas uniquement disciplinaire et thématique (voire dogmatique ?), mais qui envisage aussi les aspects socio-économiques, politiques ou environnementaux qui entourent souvent les prises de décisions lorsque les enjeux sont complexes.

# Pourquoi une activité sur ITER ?

Le projet ITER est un projet de construction d'un réacteur expérimental dont l'objectif est de démontrer que la fusion nucléaire — le processus d'où provient l'énergie émise par les étoiles, dont notre Soleil — peut être utilisée sur Terre comme source d'énergie pour produire de l'électricité à grande échelle, et cela sans émettre de CO<sub>2</sub> (1). Il s'est avéré qu'au cours de l'année scolaire 2021-2022, l'actualité scientifique a été assez riche en ce qui concerne le projet ITER : il a en effet été annoncé que les chercheurs auraient « doublé les records précédents » (3) en produisant « davantage d'énergie que prévu » (4).



Ces annonces médiatiques invitent à s'interroger sur les enjeux qui sont ceux d'ITER, et mettent aussi en lumière le fait que ce projet, en tant qu'objet d'étude, trouve toute sa place dans le cadre d'une activité en classe car il se situe à l'intersection des objectifs évoqués précédemment.

## Le programme d'Enseignement Scientifique de la classe de 1<sup>ère</sup> (2).

Le fonctionnement du réacteur expérimental ITER repose sur le principe de la fusion nucléaire, analogue à celui qui se produit au cœur des étoiles comme notre Soleil : la fusion est déjà un peu évoquée avec les élèves dans la partie « Modélisation des transformations de la matière et transfert d'énergie / Transformation nucléaire » du programme de Physique-Chimie en 2<sup>nde</sup> (5), mais son étude et son exploitation figurent surtout explicitement dans le programme d'Enseignement Scientifique de la classe de 1<sup>ère</sup> (2). Les points de programme plus particulièrement abordés dans l'activité sont explicités par objectifs thématiques dans le tableau ci-dessous :

<b>1 - Une longue histoire de la matière</b>	
1.1 - Un niveau d'organisation : les éléments chimiques	
<b>Savoirs</b>	<b>Savoir-faire</b>
Les noyaux des atomes de la centaine d'éléments chimiques stables résultent de réactions nucléaires qui se produisent au sein des étoiles à partir de l'hydrogène initial.	L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.
Certains noyaux sont instables et se désintègrent (radioactivité). La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon macroscopique se soit désintégrée. Cette demi-vie est caractéristique du noyau radioactif.	Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants.
<b>2 - Le Soleil, notre source d'énergie</b>	
2.1 - Le rayonnement solaire	
<b>Savoirs</b>	<b>Savoir-faire</b>
L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée. Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps. Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement.	Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.

L'activité proposée sur Tactileo-Maskott, plus particulièrement le palier 2, permet ainsi, en étudiant la réaction de fusion utilisée par ITER, de mieux comprendre celle qui se produit au cœur de notre Soleil, avant de mettre en œuvre de la relation d'Einstein pour déterminer le rythme auquel notre Soleil « maigrit ».

## Eduquer au développement durable

Comme évoqué plus haut, l'un des grands espoirs d'ITER est de montrer qu'il est possible de produire une énergie « nette » en utilisant la fusion nucléaire, et cela non seulement sans émettre de CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère, mais en s'affranchissant également des déchets radioactifs de longue demi-vie produits dans les centrales nucléaires actuelles à fission.

En cela, ce projet s'inscrit totalement dans l'optique de transition écologique et de lutte contre le dérèglement climatique qui est celle de l'Agenda EDD 2030 (6), et l'étude avec les élèves de son fonctionnement et des avantages qu'il présente sur le plan du développement durable vont dans le sens des recommandations pour un « renforcement des thématiques de la protection de l'environnement et de la biodiversité dans les programmes » (7).

L'ambition de cette activité est cependant d'approfondir un peu la réflexion sur les enjeux environnementaux : à travers l'étude de documents vidéos ou d'articles de presse (8), il s'agit pour les élèves de prendre conscience que la construction d'un réacteur comme celui d'ITER peut avoir des conséquences qui vont au-delà de la simple absence rassurante d'émission de CO<sub>2</sub> : la question du rendement énergétique réel de ce type de réacteur est par exemple posée, ainsi que celle des dangers que peuvent présenter l'extraction ou l'utilisation des métaux nécessaires à sa construction. Enfin, la question de l'absence de déchets radioactifs, et donc de dangers liés à la radioactivité, souvent évoquée lorsqu'on parle d'ITER, est discutée.

Cette activité essaie ainsi de contribuer au fait de renforcer l'EDD comme éducation transversale en classe de 1<sup>ère</sup>, et ainsi que cela est spécifié dans le programme d'Enseignement Scientifique :

- d' « identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement » ;
- de « faire comprendre à chacun en quoi la culture scientifique est aujourd'hui indispensable pour saisir l'évolution des sociétés comme celle de l'environnement et de contrôler cette évolution. » (2)

Plus généralement, cette activité pourra permettre de sensibiliser les élèves à plusieurs des 17 objectifs de développement durable (ODD) que 193 États membres de l'ONU se sont engagés à atteindre en adoptant l'Agenda 2030. On pourra en effet par exemple noter un lien entre la réflexion menée à propos des enjeux du projet ITER, et les ODD suivants (9) :



## Développer l'autonomie dans les apprentissages

La crise sanitaire liée au Covid 19, et les phases de confinement partiel ou total qui en ont été les conséquences, ont définitivement mis en évidence l'importance que pouvaient avoir les outils numériques sur le plan de la transmission et du suivi pédagogique.

En l'absence de l'enseignant (ou avec l'aide de celui-ci), les outils numériques permettent de proposer aux élèves :

- un ensemble de banques de ressources, de « bibliothèques des savoirs » (dont les contenus doivent bien sûr être validés en amont par l'enseignant) sur des supports de natures très variées (vidéo, podcasts, textes, tableaux, etc.)
- un moyen de se tester, d'avoir un feedback pour vérifier les connaissances et compétences principales, exigibles, ont été bien comprises ou acquises.

Il est donc question d'être capable d'apprendre en autonomie, que ce soit en présentiel ou en distanciel, et il semble que l'application Tactileo-Maskott permette d'atteindre efficacement ce double objectif :

- il est aisé pour l'enseignant de mettre à disposition des élèves des ressources déjà présentes dans l'application, ou bien de faire appel à ses propres documents multimédia
- Maskott constitue un LMS assez complet et performant qui permet de créer et partager avec les élèves des activités interactives diverses (quiz, textes à trous, images à compléter), et de les évaluer en fin d'activité et/ou de leur permettre de s'auto-évaluer au fur et à mesure.
- Il est aussi possible, un peu à l'image de l'application « Moodle » mais avec une prise en main plus simple, de mettre en place des questions ou des parcours conditionnels, et ainsi de différencier sa pédagogie en proposant des contenus ou questions adaptés à chacun.

Par ailleurs, nous verrons plus bas que l'on peut dans toute activité interactive Maskott, régler finement le type de feedback apporté aux élèves, soit à la fin de chaque question, ou en fin de « module » : cela permet d'envisager différents scénarios possibles pour l'activité, allant d'un travail essentiellement présentiel, jusqu'à une réalisation par les élèves entièrement à distance.

## Développer l'esprit critique

Ainsi que cela est évoqué dans le préambule du programme d'Enseignement Scientifique de la classe de 1<sup>ère</sup> : « [...] Grâce, notamment, à l'approche scientifique, l'être humain dispose des outils intellectuels nécessaires pour devenir un acteur conscient et responsable de la relation au monde et de la transformation des sociétés. L'approche scientifique nourrit le jugement critique et rencontre des préoccupations d'ordre éthique. Ainsi, c'est de façon rationnellement éclairée que chacun doit être en mesure de participer à la prise de décisions, individuelles et collectives, locales ou globales. [...] » (2).

Dans la manière dont l'activité est structurée, cette dernière ambitionne d'effectivement développer progressivement chez les élèves un regard critique, ainsi que l'habitude de considérer un problème sous tous ses aspects avant de se forger (ou pas !) une opinion définitive.

Les élèves sont en effet amenés dans une première étape (premier palier) à consulter des documents qui leur permettent de se faire une première idée générale de ce qu'est le projet ITER : son principe de fonctionnement sur le plan scientifique, ses avantages sur le plan de la lutte contre le changement climatique, mais aussi l'origine et les pays investis dans le projet, ou encore, sur le plan économique, la révision à la (nette) hausse du budget prévisionnel de sa construction. A ce stade, ITER apparaît comme un projet certes coûteux, mais qui semble rester pertinent sur le plan environnemental.

Le deuxième palier est davantage consacré aux objectifs thématiques du programme d'Enseignement Scientifique, en particulier le réinvestissement du concept de fusion nucléaire, ainsi que le calcul de la masse perdue par le Soleil chaque seconde.

Une fois que les objectifs du programme sont remplis sur le plan thématique, le dernier palier revient questionner la pertinence du projet sur le plan du développement durable. Un temps « long » est réservé à la lecture d'un article de presse du site Reporterre.net, engagé mais documenté (8), ce qui est l'occasion pour les élèves de découvrir et approfondir certains aspects moins médiatisés de l'impact que pourrait avoir ITER sur l'environnement (pollution liée à l'extraction de certains métaux, potentielle radioactivité résiduelle, dangerosité toute particulière de certains matériaux utilisés pour la construction du réacteur, rendement énergétique actuel...)

Sans apporter de réponse manichéenne à la question de la pertinence de poursuivre un projet comme ITER, l'idée de l'activité est bien au contraire, à travers bilan de ses avantages et inconvénients, d'inviter les élèves à faire la part des choses en se basant sur des informations fiables, à envisager un problème sous tous les angles avant de s'en faire une idée définitive, et à leur faire prendre conscience du caractère souvent éminemment complexe des problématiques que l'on est amenés à résoudre, notamment lorsque qu'aux questions scientifiques viennent se mêler des enjeux socio-économiques, politiques, et environnementaux. En cela, cette activité tente de contribuer aux objectifs généraux cités dans le préambule du programme de 1<sup>ère</sup> d'enseignement scientifique :

- contribuer à faire de chaque élève une personne lucide, consciente de ce qu'elle est, de ce qu'est le monde et de ce qu'est sa relation au monde ;
- contribuer à faire de chaque élève un citoyen(ne) responsable, qui connaît les conséquences de ses actions sur le monde et dispose des outils nécessaires pour les contrôler ;
- contribuer au développement en chaque élève d'un esprit rationnel, autonome et éclairé, capable d'exercer une analyse critique face aux fausses informations et aux rumeurs. (2)

# L'activité « ITER : Un Soleil sur Terre... afin de la préserver ? »

## Structure générale

L'activité « ITER : Un Soleil sur Terre... afin de la préserver ? » est accessible en partage sur la plateforme Tactileo-Maskott : elle a été construite comme un *parcours* constitué de cinq *modules* interactifs, indépendants mais formant un ensemble cohérent.

Les modules qui constituent l'activité étant partagés et accessibles sur Maskott indépendamment du « Parcours » complet, cela permet à l'enseignant de ne proposer à ses élèves qu'un seul de ces modules au lieu du parcours complet si cela correspond davantage à ses objectifs ou au temps qui lui est possible d'accorder à cette partie de programme.

Il est à noter que Maskott propose une finesse dans le paramétrage du feedback qui permet de donner à l'élève la réponse correcte à chacune des questions interactives d'un module (sauf questions ouvertes), et/ou de l'informer qu'il a fait une erreur uniquement si, et lorsque l'enseignant le souhaite. Il est en effet possible et de décider à quel moment le feedback sera accessible : immédiatement après la réponse de l'élève, en fin de module, ou pas du tout. Il est également possible de faire travailler les élèves en temps limité en imposant une durée maximale pour traiter un module. Enfin, chaque enseignant peut choisir son barème, ainsi que la condition qui doit être remplie pour qu'un module soit considéré comme étant « validé ».

Ces paramétrages sont assez faciles d'accès, et sont précieux car ils peuvent permettre d'une part d'adapter l'activité à différents contextes (en présentiel, en distanciel, sous forme de « classe inversée »...) mais aussi de fixer quelles seront les conditions qui permettront à un élève d'accéder au palier supérieur (et donc de proposer un parcours plus différencié) si l'activité est proposée sous forme de parcours complet.


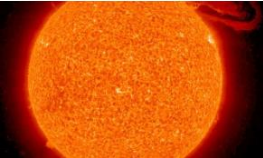
Par défaut, les modules sont paramétrés de telle sorte que :

- il n'y a pas de durée imposée pour les modules, les réponses correctes d'un module n'étant accessibles qu'une fois ce dernier terminé.
- Un module est considéré comme « validé » lorsque l'élève a obtenu 60% des points du module



Remarque : il est nécessaire de dupliquer les modules et parcours initiaux dans son espace, avant de pouvoir en modifier le paramétrage.



Chaque module a des objectifs en termes de contenus et de compétences travaillées qui lui sont propres : vous en trouverez ci-après un bref descriptif pour chacun d'eux, ses objectifs en lien avec les programmes, ainsi que l'organisation du parcours complet.

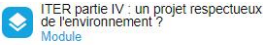
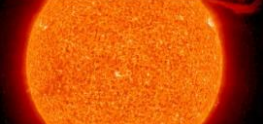
Des copies d'écrans des modules et des écrans de paramétrage sont données en annexe.


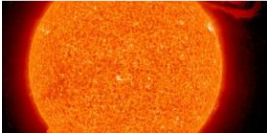
<p style="text-align: center;">Premier module</p> <p style="text-align: center;">ITER partie I : Introduction au projet ITER</p>		 <p>ITER partie I : Introduction au projet ITER Module</p> 
<p>Contenus et objectifs visés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principe du projet ITER (fonctionnement, contexte)</li> <li>- Mécanisme détaillée et conditions de la fusion à l'œuvre dans le réacteur ITER (Deutérium – Tritium). Absence d'émission de CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Points commun et différences avec les réactions de fusion à l'œuvre au cœur du Soleil</li> <li>- Coûts de construction d'ITER, « difficultés majeures » à surmonter sur le plan scientifique et industriel.</li> </ul> <p><i>Il s'agit d'un module de découverte du projet ITER qui permet d'en comprendre certains avantages, les enjeux scientifiques, mais aussi de commencer à réfléchir aux difficultés soulevées par ce projet d'un point de vue essentiellement technologique et économique</i></p>	
<p>Constitution du module</p>	<p style="text-align: center;"><b>4 Documents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Page multimédia avec reportage vidéo de France 24 « Un soleil artificiel dans un réacteur » (10)</li> <li>- Deux pages multimédias avec documents vidéos du CEA « Les mécanismes de la fusion » (11) et « La Fusion » (12)</li> <li>- Page multimédia avec extrait d'un article de presse (Tribune de G. Charpak dans le quotidien Libération (13))</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>7 Activités interactives évaluées</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Questions à trous</li> <li>- 2 QCM</li> <li>- 1 image à légender</li> </ul>	
<p>Attendus Enseignement scientifique Classe de 1<sup>ère</sup></p>	<p>Savoirs</p>	<p><u>Programme de 1<sup>ère</sup> d'enseignement scientifique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée.</li> </ul>
	<p>Savoir Faire</p>	<p><u>Réinvestissement des attendus du programme de 2<sup>nde</sup> en physique-chimie (thématique 2.C) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier des isotopes</li> <li>- Relier l'énergie convertie dans le Soleil et dans une centrale nucléaire à des réactions nucléaires.</li> </ul> <p><u>Programme de 1<sup>ère</sup> d'enseignement scientifique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.</li> </ul>
<p>Compétences travaillées</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'approprier : Extraire, organiser et exploiter l'information (documents écrits, multimédia)</li> <li>- Mobiliser ses connaissances</li> <li>- Reasonner</li> <li>- Travailler en autonomie</li> <li>- Valider : faire preuve d'esprit critique</li> <li>- Développement durable : sensibilisation aux ODD n°7, 9, 13, 17</li> </ul>	



<h2>Deuxième module</h2> <h3>ITER partie II : Fusion et masse solaire</h3>		 
<p>Contenus et objectifs visés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Description détaillée du mécanisme de fusion au cœur du Soleil</li> <li>- Comprendre le défaut masse au cours du mécanisme de fusion</li> <li>- Relation d'Einstein</li> <li>- Puissance radiative émise par le Soleil</li> <li>- Relation Puissance – Energie – Durée</li> <li>- Relation entre Energie émise par rayonnement et masse perdue</li> <li>- Calcul de la masse perdue par le Soleil chaque seconde</li> </ul> <p><i>La visée de ce module est thématique : après avoir vérifié qu'il s'est bien approprié la notion de perte de masse, la différence entre puissance et énergie, et la relation d'Einstein grâce aux documents, Il s'agit pour l'élève, de mettre en œuvre (sous forme de texte libre évalué par l'enseignant) la relation d'Einstein afin de calculer la masse perdue chaque seconde par le Soleil</i></p>	
<p>Constitution du module</p>	<p><b>4 Documents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Pages multimédia (texte et image) dont un document extrait du site Wikipédia (14)</li> </ul> <p><b>4 Activités interactives évaluées</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Question à trous</li> <li>- 2 QCM</li> <li>- 1 question à réponse ouverte</li> </ul>	
<p>Attendus Enseignement scientifique Classe de 1<sup>ère</sup></p>	<p>Savoirs</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée.</li> <li>- Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps.</li> <li>- Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement.</li> </ul>
	<p>Savoir Faire</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.</li> <li>- Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.</li> </ul>
<p>Compétences travaillées</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'approprier : Extraire, organiser et exploiter l'information (documents écrits, multimédia)</li> <li>- Mobiliser ses connaissances</li> <li>- Analyser, Reasonner</li> <li>- Réaliser : utiliser et exploiter une relation, savoir mener un calcul dans erreur, utiliser les unités à bon escient.</li> <li>- Travailler en autonomie</li> <li>- Valider : interpréter des résultats</li> </ul>	

Troisième module		 
ITER partie III : Synthèse orale		
Contenus et objectifs visés	<p><i>L'objectif de ce module est de travailler à la fois l'esprit de synthèse des élèves et leurs compétences orales : il s'agit pour eux de réinvestir les notions et compétences vues dans les modules précédents afin d'en faire une brève synthèse sous forme d'un enregistrement audio de 2 minutes sur la plateforme Tactileo. Cet enregistrement audio pourra ensuite être écouté et évalué par l'enseignant, sur le fond, mais aussi de la forme, et être utilisé par l'élève pour s'autoévaluer à l'oral. Si l'enseignant le souhaite, il pourra éventuellement servir de base pour élaborer ou valider avec les élèves une grille d'évaluation des compétences orales.</i></p>	
Constitution du module	<b><u>1 Activité interactive évaluée</u></b>	
	- 1 Question Audio	
Attendus Enseignement scientifique Classe de 1 <sup>ère</sup>	Savoirs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée.</li> <li>- Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps.</li> <li>- Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement.</li> </ul>
	Savoir Faire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.</li> <li>- Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.</li> </ul>
Compétences travaillées	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'approprier : Extraire, organiser et exploiter l'information (documents écrits, multimédia)</li> <li>- Mobiliser ses connaissances</li> <li>- Analyser, Reasonner</li> <li>- Travailler en autonomie</li> <li>- Valider : faire preuve d'esprit critique</li> <li>- Développer les compétences langagières orales à travers la pratique de l'argumentation</li> <li>- Développement durable : sensibilisation aux ODD n°7, 9, 13, 17</li> </ul>	

<p style="text-align: center;">Quatrième module</p> <p style="text-align: center;">ITER partie IV : Un projet respectueux de l'environnement ?</p>		 
<p>Contenus et objectifs visés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendement énergétique effectif actuel du réacteur ITER, comparaison avec le rendement espéré</li> <li>- Origines de la consommation électrique du complexe ITER</li> <li>- Radioactivité du tritium ; demi-vie ; déchets radioactifs à demi-vie courte ou longue</li> <li>- Rendement et avenir du tritium utilisé ; recyclage</li> <li>- Extraction et Toxicité Béryllium utilisé dans la chambre du tokamak</li> <li>- Extraction du niobium utilisé dans les aimants supra conducteurs</li> <li>- Questionnements sur le plan environnemental</li> </ul> <p><i>L'objectif de ce module est de développer le sens critique des élèves en les éveillant à des problématiques environnementales rarement évoquées lors des communications médiatiques sur le projet ITER. C'est ainsi l'occasion de les sensibiliser à plusieurs aspects du développement durable (ODD), et de leur montrer le caractère complexe des questionnements et des prises de décision lorsque des projets, comme ITER, font intervenir des problématiques scientifiques, environnementales, mais aussi politiques, et socio-économiques.</i></p>	
<p>Constitution du module</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>2 Documents</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Pages multimédia : un extrait (15) et un article (8) du journal en ligne reporterre.net</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b><u>4 Activités interactives évaluées</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Questions à trous</li> <li>- 1 QCM</li> </ul>	
<p>Attendus Enseignement scientifique Classe de 1<sup>ère</sup></p>	<p>Objectifs généraux de formation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement</li> <li>- Enjeux et débats : le discours sur l'énergie dans la société</li> </ul>
	<p>Savoirs</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Certains noyaux sont instables et se désintègrent (radioactivité)</li> <li>- La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon macroscopique se soit désintégrée.</li> <li>- Cette demi-vie est caractéristique du noyau radioactif.</li> </ul>
<p>Compétences travaillées</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'approprier : Extraire, organiser et exploiter l'information (documents écrits, multimédia)</li> <li>- Mobiliser ses connaissances</li> <li>- Travailler en autonomie</li> <li>- Valider : faire preuve d'esprit critique</li> <li>- Développement durable : sensibilisation aux ODD n° 6, 7, 9, 12, 13, 15, 17</li> </ul>	

Cinquième module ITER partie V : Conclusion		 
Contenus et objectifs visés	<p><i>Ce module constitue une nouvelle synthèse de ce que les élèves ont pu apprendre sur le projet ITER : il s'agit pour eux de réinvestir les notions et compétences vues dans les modules précédents afin de faire un bilan des avantages et inconvénients du projet ITER, en mettant en lumière davantage d'aspects liés à l'environnement et au développement durable.</i></p> <p><i>Ce module, qui ne contient qu'une question, a été créé indépendamment du module précédent, de façon à ce que l'enseignant puisse, s'il le souhaite, le proposer aux élèves sans nécessairement exiger d'eux qu'ils traitent le module 4 dans son intégralité : il suffit alors par exemple de leur donner les liens vers les articles du site <a href="http://reporterre.net">reporterre.net</a> pour qu'ils s'approprient les enjeux que ces derniers abordent. (8) (15)</i></p>	
Constitution du module	<b>1 Activité interactive évaluée</b>	
Attendus Enseignement scientifique Classe de 1 <sup>ère</sup>	Objectifs généraux de formation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 « Grouper les éléments »</li> <li>- Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement</li> <li>- Enjeux et débats : le discours sur l'énergie dans la société</li> </ul>
Compétences travaillées	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'approprier : Extraire, organiser et exploiter l'information (documents écrits, multimédia)</li> <li>- Mobiliser ses connaissances</li> <li>- Travailler en autonomie</li> <li>- Valider : faire preuve d'esprit critique</li> <li>- Développement durable : sensibilisation aux ODD n° 6, 7, 9, 12, 13, 15, 17</li> </ul>	

## Le parcours complet

### ITER : Un Soleil sur Terre... afin de la préserver ?

ITER : Un Soleil sur Terre...  
afin de la préserver ?  
Parcours



Contenus et objectifs visés	<p><i>Le parcours permet d'une part de structurer les différents modules en une seule activité cohérente, mais aussi, en fonction du paramétrage réalisé par l'enseignant, de définir les conditions à remplir pour accéder aux modules du palier suivant, et donc de rythmer et différencier les apprentissages.</i></p> <p><i>Le « réglage » par défaut du parcours, est qu'il est nécessaire de valider tous les modules d'un palier afin de pouvoir passer au palier suivant, excepté pour le palier 2 dans lequel le module 3 (synthèse orale) n'est pas exigé pour aborder le dernier palier : il est possible de modifier ce paramétrage après avoir dupliqué l'activité initiale dans votre espace de ressources personnelles</i></p>	
Palier 1	ITER partie I : Introduction au projet ITER	<i>Accès au Palier 2 si partie I validée</i>
Palier 2	ITER partie II : Fusion et masse solaire	<i>Accès au Palier 3 si partie II validée</i>
	ITER partie III : Synthèse orale	
Palier 3	ITER partie IV : Un projet respectueux de l'environnement ?	<i>Parcours validé si parties IV et V validées</i>
	ITER partie V : Conclusion	

## Proposition de séquences hybrides ou distancielles

Le fait que les élèves puissent être pratiquement entièrement autonomes au sein de leur parcours sur Tactileo-Maskott rend possibles plusieurs types de mises en œuvre dans la classe :

- il est en effet possible d'imaginer des séquences hybrides où une partie du travail, par exemple préparatoire, peut s'effectuer à la maison (notamment dans les lycées, dans lesquels la Région Ile de France met depuis la rentrée de septembre 2020 des ordinateurs portables fonctionnant sous Windows à disposition de tous les élèves de 2<sup>nd</sup>e ), une autre partie (mises en commun, travail de correction, bilans donnant lieu à une trace écrite...) pouvant avoir lieu en classe (en salle informatique si la classe est en demi-groupe, ou encore dans une salle « classique » si un réseau WIFI est accessible dans l'établissement).
- La crise sanitaire liée au Covid 19 nous incite à proposer également un scénario totalement distanciel : le travail sur documents, et les activités interactives peuvent en effet être effectués en autonomie par les élèves, hors la classe, certaines séances intermédiaires en visioconférence (en utilisant webconférence dans l'ENT monlycee.net par exemple) pouvant permettre de faire les mises au point, corrections et bilans nécessaires à la bonne compréhension des contenus et des méthodes visés dans l'activité. Ces rendez-vous en visioconférence permettront aussi aux élèves de garder le contact avec l'enseignant et les camarades de classe, et également de poser leurs questions et ainsi de se sentir en sécurité.
- **Il est à noter qu'à deux exceptions près, les corrections de toutes les activités interactives du parcours peuvent être mises à disposition des élèves au moment choisi par l'enseignant : elle sont donc réalisables en totale autonomie, ce qui rend possible une constante auto-évaluation des élèves.**
- Les seules questions qui demandent une évaluation manuelle de la part de l'enseignant sont :
  - o La question ouverte sur le calcul de la masse perdue par le Soleil chaque seconde : il est nécessaire que l'enseignant anticipe en effet le temps nécessaire pour prendre connaissance des réponses des élèves et les évaluer, avant d'en faire une correction-bilan.
  - o La synthèse orale de 2 minutes, dont l'intérêt réside à la fois en une auto-évaluation (les élèves peuvent se réécouter), mais aussi en une mise en communs de productions d'élèves, de façon construire et/ou se mettre d'accord sur les critères de qualité, et donc d'évaluation d'une prestation orale.

**L'annexe 4** contient trois propositions de séquences basées sur le parcours « ITER, un soleil sur Terre... afin de la préserver ? » :

- 2 séquences « hybrides »
- 1 séquence totalement en distanciel

## Evaluation de l'activité et retours d'expérience

A l'heure où cet article est rédigé (juin 2022), cette activité n'a pas pu être évaluée dans sa totalité, cela car d'une part je n'avais pas de classe de 1<sup>ère</sup> enseignement scientifique en responsabilité au cours de l'année scolaire 2021-2022, et d'autre part j'ai consacré le début d'une partie de l'année scolaire à m'approprier les fonctionnalités de l'application Tactileo-Maskott, qui était, je le rappelle, en phase de « test » dans le cadre de l'expérimentation « Lycées'Up Ressources ».

Mes collègues enseignants n'étant pas encore familiarisés de l'application, leur utilisation de la ressource est restée très ponctuelle. Voici cependant quelques impressions et retours d'expérience :

- Au moment où mes collègues ont abordé le point de programme « 2 - Le Soleil, notre source d'énergie », l'activité n'était pas finalisée, et se présentait non pas sous la forme d'un parcours, mais d'un seul module, qui réunissait les parties I et II du parcours. Ce module a été mis en œuvre en présentiel par une collègue professeure de Physique-Chimie avec une classe de 1<sup>ère</sup> générale au sein d'un cours d'une heure en enseignement scientifique (en demi-groupe et en salle informatique). L'enseignante a proposé aux élèves de travailler en autonomie sur l'activité, en jouant le rôle de personne-ressource, et en proposant un feedback différé (correction) uniquement en fin de module. Le calcul de la perte de masse solaire pouvait être terminé à la maison pour la séance suivante

Les retours sont qualitatifs, mais les élèves ont néanmoins déclaré apprécier :

- l'ergonomie de la plateforme Tactileo-Maskott ;
- la nature interactive des activités proposées ;
- le fait de travailler sur des supports multimédia plutôt que sur des documents uniquement de type texte comme c'est souvent le cas ;
- Le fait de pouvoir revenir sur les documents, revoir les vidéos ;
- La disponibilité de la correction en fin d'activité,
- La possibilité de refaire le module une fois la correction vue, pour s'assurer que l'ensemble était compris.

Le fait d'utiliser l'outil Maskott pour traiter cette partie de programme n'a ainsi pas gommé les difficultés éventuelles souvent liées à l'acquisition de la compétence qui consiste à exploiter la relation d'Einstein, mais il semble que cela ait suscité une certaine motivation et un certain intérêt pour le thème.

- J'ai en revanche eu l'occasion d'utiliser à plusieurs reprises l'application Maskott avec les élèves de 2<sup>nde</sup>, aussi bien en classe qu'à la maison, et le constat est plutôt positif :
  - l'ergonomie et la simplicité d'utilisation de la plateforme séduisent les élèves, ils s'y rendent volontiers pour réaliser des quiz, ou consulter des ressources ;
  - Les feedbacks immédiats sont très utiles pour l'entraînement / révisions par exemple.
  - Un feedback qui indique uniquement le caractère correct ou pas de la réponse apportée, avec une correction légèrement différée permet aussi de susciter le questionnement des élèves, de s'interroger sur la nature de leurs erreurs, de maintenir un « suspens » qui induit une attention et une participation des élèves lors de la correction plutôt plus élevée que dans des situations plus « classiques »
  - Pour l'enseignant, l'outil de suivi est très pratique, avec une possibilité d'exporter les notes en fichier csv.
  - Pouvoir vidéoprojecter la progression des élèves de la classe dans l'activité en temps réel tout en masquant leur nom est intéressante dans le sens où elle motive les élèves pour avancer dans l'activité, sans trop les exposer s'ils ont des difficultés sur certaines questions

L'utilisation de la plateforme Tactileo-Maskott pour faire travailler les élèves sur des activités présentielles ou hybrides du type de celle que nous proposons sur ITER nous semble ainsi plutôt favorable aux apprentissages.

Un retour d'expérience de votre part sur cette activité nous serait, maintenant que celle-ci présente un volet EDD plus étoffé à travers son palier 3, particulièrement précieux, que ce soit sur le plan de sa pertinence au niveau disciplinaire, du développement de l'esprit critique et de l'EDD, que de son efficacité à favoriser l'autonomie des élèves au cours de séquences à modalités hybrides en fonction des paramètres choisis pour les modules en termes de feedback.

## Références

1. **Organisation ITER.** ITER, une énergie pour notre avenir. [En ligne] [Citation : 22 Juin 2022.] <https://www.iter.org/fr/accueil>.
2. **Ministère de l'éducation Nationale et de la Jeunesse.** Programme d'enseignement scientifique de la classe de première de la voie générale. *Bulletin officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019*. [En ligne] <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901573A.htm>.
3. **Revue Générale Nucléaire.** Fusion Nucléaire : nouveau record au JET. [En ligne] 21 février 2022. [https://www.sfen.org/rgn/fusion-nucleaire-nouveau-record-au-jet/?gclid=CjwKCAjw-8qVBhANEiwAfjXLruoavFouLA2rNu6BuRFWSsBW\\_vWn0DkawZ5-dY-seA6WnCxftyUcSBoCB5YQAvD\\_BwE](https://www.sfen.org/rgn/fusion-nucleaire-nouveau-record-au-jet/?gclid=CjwKCAjw-8qVBhANEiwAfjXLruoavFouLA2rNu6BuRFWSsBW_vWn0DkawZ5-dY-seA6WnCxftyUcSBoCB5YQAvD_BwE).
4. **Sacco, Laurent.** Fusion Nucléaire : Iter pourrait libérer plus d'énergie que prévu. [En ligne] 25 Mai 2022. <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/fusion-fusion-nucleaire-iter-pourrait-liberer-plus-energie-prevu-98589/>.
5. **Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse.** Programme de l'enseignement de physique-chimie de la classe de seconde générale et technologique. *Bulletin officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019*. [En ligne] <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901634A.htm>.
6. **L'Agenda 2030 en France.** Présentation : origines et principes. [En ligne] 21 juin 2018. <https://www.agenda-2030.fr/agenda-2030/presentation/article/presentation-origines-et-principes>.
7. **Ministère de l'éducation Nationale et de la Jeunesse.** Transition écologique. *Bulletin officiel n°31 du 29 août 2019*. [En ligne] [https://www.education.gouv.fr/bo/19/Hebdo31/MENE1924799C.htm?cid\\_bo=144377](https://www.education.gouv.fr/bo/19/Hebdo31/MENE1924799C.htm?cid_bo=144377).
8. **Reporterre, le quotidien de l'écologie.** Derrière le projet Iter, des montagnes de métaux toxiques et de déchets radioactifs. *Reporterre.net*. [En ligne] 17 juin 2021. <https://reporterre.net/Derriere-le-projet-Iter-des-montagnes-de-metaux-toxiques-et-de-dechets-radioactifs>.
9. **L'Agenda 2030 en France.** 17 Objectifs de développement durable. <https://www.agenda-2030.fr/>. [En ligne] 2018. <https://www.agenda-2030.fr/17-objectifs-de-developpement-durable/>.
10. **France 24.** Comment fonctionnera le "soleil artificiel" du programme international Iter ? [En ligne] 30 juillet 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=sWgXhCwO2hU>.
11. **CEA Sciences.** Les mécanismes de la fusion. [En ligne] 13 avril 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=fFQv5kh9Bs8>.
12. **CEA.** [www.cea.fr](http://www.cea.fr). [En ligne] 21 mai 2015. <https://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/physique-chimie/reaction-de-fusion.aspx>.
13. **Charpak, Georges, Treiner, Jacques et Balibar, Sébastien.** Nucléaire : arrêtons Iter, ce réacteur hors de prix et inutilisable. *www.liberation.fr*. [En ligne] 10 août 2010. [https://www.liberation.fr/sciences/2010/08/10/nucleaire-arretons-iter-ce-reacteur-hors-de-prix-et-inutilisable\\_671121/](https://www.liberation.fr/sciences/2010/08/10/nucleaire-arretons-iter-ce-reacteur-hors-de-prix-et-inutilisable_671121/).
14. **Wikipédia.** Fusion nucléaire. [En ligne] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion\\_nucl%C3%A9aire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_nucl%C3%A9aire).



15. **Reporterre, le quotidien de l'écologie.** Le futur réacteur nucléaire Iter : un projet titanesque et énergivore. [En ligne] 16 juin 2021. <https://reporterre.net/Le-futur-reacteur-nucleaire-Iter-un-projet-titanesque-et>.