

Séquence de classe

D'où vient l'énergie ?

Séquence de classe

D'où vient l'énergie ?

Physique-chimie / Technologie -
Chaînes énergétiques

Cycle 4

Introduction

Thématiques traitées	Différentes formes d'énergie, transformation d'énergie (transfert et conversion d'énergie), chaînes énergétiques.
Résumé et objectifs	À travers un jeu de plateau, les élèves reconstituent à l'aide de cartes les chaînes énergétiques de six situations distinctes : la lampe s'allume, le vélo roule, l'eau chauffe... Certaines parties des différentes chaînes donnent lieu à des variantes permettant à l'enseignant de choisir le niveau de complexité abordé pour chaque situation.
Disciplines engagées	Physique-chimie, technologie
Durée	1 à 3 heures

Activités complémentaires et pouvant constituer un préalable à la séquence « D'où vient l'énergie ? » (ces activités portent sur les différentes sources et formes d'énergie)

Cliquez sur le lien ci-dessous pour accéder à la page présentant les ressources. Une fois sur la page, il vous faudra déplier l'accordéon intitulé « Les différentes sources et formes d'énergie » (<https://www.fondation-lamap.org/continue-energie>).

Guide pour l'enseignant

But du jeu

Le but du jeu est de reconstituer les chaînes énergétiques qui permettent de réaliser les actions suivantes :

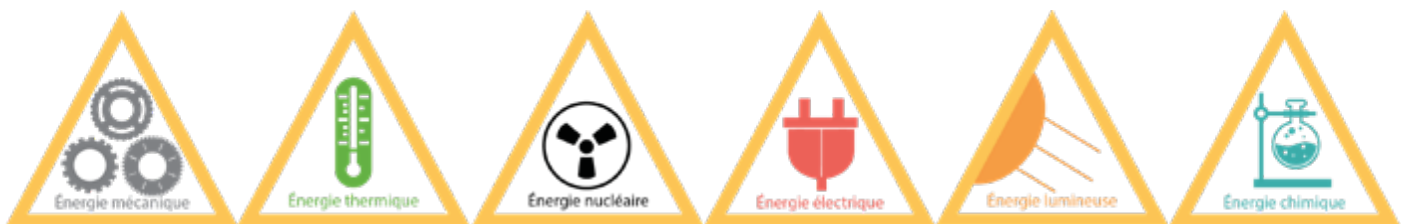
- Le vélo roule.
- La voiture à essence roule.
- La lampe s'allume.
- Le pain grille.
- L'eau chauffe.
- La voiture électrique roule.

Composition et installation du jeu

1/ Pour plus de confort, imprimez les planches du jeu en format A3, le format A4 pouvant également convenir. Concernant le nombre de plateaux à utiliser avec vos élèves, voir plus bas la rubrique « Adapter le jeu en fonction du public ».

2/ Découpez les cartes des planches 3, 4 et 5. Elles comportent :

- Planche 5 : les cartes « formes d'énergie » ( triangulaires) présentant différents pictogrammes dont vous trouverez la correspondance avec les différentes formes d'énergie dans la fiche élève, à la rubrique « Rappel sur l'énergie et ses différentes formes ».



- Planches 3 et 4 : les cartes « systèmes » ( rectangulaires)

Ces cartes comportent :

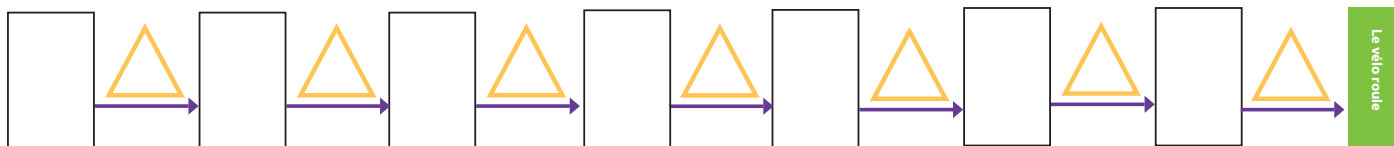
- Le nom des systèmes impliqués dans les chaînes énergétiques des six situations proposées.
- Une brève description destinée à aider les élèves dans leur choix de système et à donner des indices quant à la détermination des énergies entrantes et sortantes. Les formulations sont volontairement choisies pour laisser une place à la réflexion des élèves.
- Une lettre indiquant si le système est une ressource en énergie « R », s'il est le lieu d'un transfert d'énergie « T » (forme d'énergie d'entrée dans le système qui est la même qu'en sortie) ou d'une conversion d'énergie « C » (forme d'énergie d'entrée dans le système qui est différente de celle de sortie).

exemple :



etc.

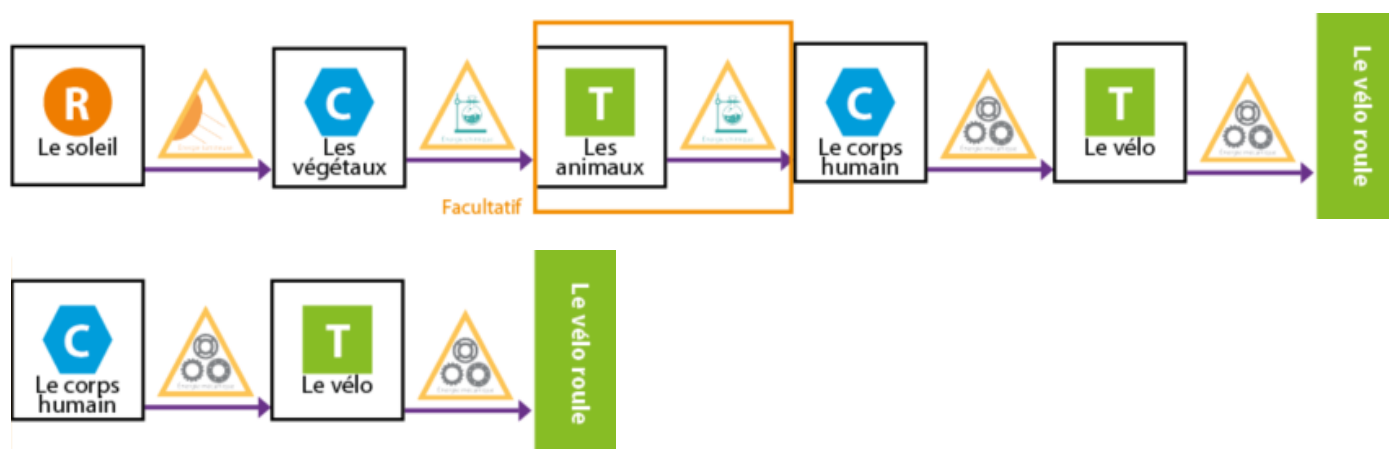
3/ Assemblez les planches 1-A et 1-B, ainsi que les planches 2-A et 2-B, et découpez les plateaux afin d'en obtenir six (un par situation proposée) comme le plateau suivant :



Déroulement du jeu

- Pour chaque situation, reconstituer à rebours la chaîne énergétique en choisissant les cartes « systèmes » et les cartes « formes d'énergie » qui conviennent.
- Attention : le nombre de cases de chaque plateau est fixe, mais l'ensemble des cases n'est pas forcément utile. Les joueurs arrêtent de poser des cartes lorsqu'ils estiment que la chaîne énergétique de la situation est complète. On pourra d'ailleurs tolérer différentes chaînes plus ou moins longues pour chacune des situations, le cas échéant.

Exemple de deux chaînes énergétiques concernant « Le vélo roule » :



Mise en œuvre dans la classe

Partir d'un exemple

Distribuez aux élèves la « Fiche élève » (voir plus bas) et laissez-leur le temps d'en prendre connaissance. Revenez sur :

- les différentes formes d'énergie présentées dans le tableau afin de vous assurer qu'elles sont bien comprises par les élèves ;
- la composition du jeu et le but du jeu.

Dans un second temps, nous vous conseillons de reconstituer, avec l'ensemble de la classe, une première chaîne énergétique à partir d'un exemple comme « Le vélo roule ».

Une fois la chaîne reconstituée, demandez aux élèves de la lire de gauche à droite en l'explicitant avec leurs propres mots, comme dans l'exemple suivant : *Le soleil émet de la lumière. L'énergie lumineuse parvient jusqu'aux végétaux. Grâce à la photosynthèse, les végétaux convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique (notamment sous forme de sucres). Les animaux consomment directement des végétaux ou d'autres animaux ayant consommé eux-mêmes des végétaux. L'énergie chimique est ainsi transmise le long des chaînes alimentaires. Le corps humain convertit l'énergie chimique en énergie mécanique pour faire fonctionner ses muscles. Cette énergie mécanique (cinétique) permet de mettre en mouvement le vélo. Le vélo en mouvement, ainsi que le cycliste acquièrent une énergie mécanique (cinétique).*

Les élèves doivent comprendre que chaque système reçoit de l'énergie pour fonctionner et que chaque système restitue ou emmagasine de l'énergie.

Répartissez ensuite les élèves par groupes de quatre, chaque groupe recevant un premier plateau et un jeu de cartes. Les élèves travaillent ainsi à construire les chaînes énergétiques des situations qui leur sont confiées.

Une restitution des travaux des différents groupes permet de mettre en évidence et de comprendre les différences

entre toutes les propositions de chaînes. On pourra notamment comparer avec les élèves, pour une même situation, des chaînes de longueurs différentes (cf. exemple de deux chaînes énergétiques « Le vélo roule » ci-dessus).

Adapter le jeu en fonction du public

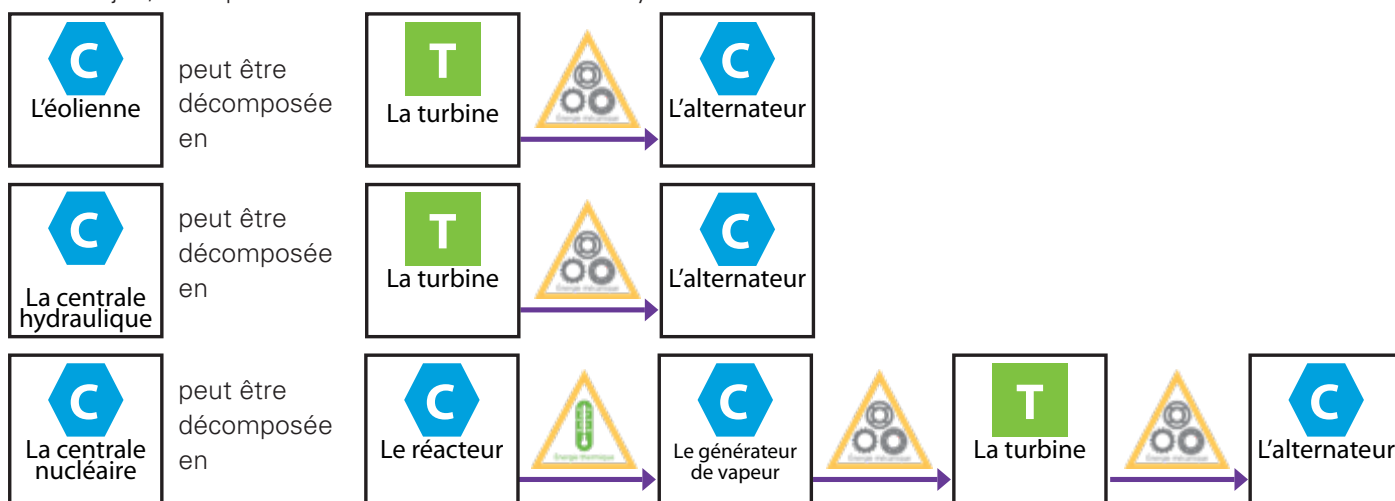
En fonction des élèves, du temps à disposition et de la place accordée à l'utilisation du jeu dans votre progression concernant l'enseignement des chaînes énergétiques (introduction ou réinvestissement), il est possible d'adapter le jeu.

- Concernant les plateaux :
 - Vous pouvez distribuer à vos groupes d'élèves un plateau à la fois ou plusieurs plateaux en même temps, accompagnés des cartes correspondantes.
 - Répartition des plateaux : vous pouvez décider de distribuer des plateaux différents à chaque groupe (travail coopératif) ou, au contraire, de distribuer, a minima, chaque plateau à deux groupes différents pour effectuer des comparaisons lors de la restitution.
- Concernant les cartes : vous pouvez décider d'adapter le nombre de cartes aux différents groupes d'élèves, par exemple, distribuer uniquement les cartes qui serviront à établir une des chaînes énergétiques aux groupes présentant des difficultés. Pour les autres groupes, nous vous conseillons de donner plus de cartes qu'il n'en faut pour susciter des discussions et des prises de décisions concertées.

Décomposer un système

Chaque système peut également être décomposé en « sous » chaînes énergétiques.

Dans ce jeu, il est possible de faire un focus sur les systèmes suivants :



Dans la mise en œuvre du jeu, dans un premier temps, nous vous conseillons de distribuer uniquement les cartes « La centrale hydraulique », « La centrale nucléaire » et « L'éolienne », puis d'effectuer un travail spécifique pour décomposer avec les élèves les systèmes à l'aide des autres cartes « Le réacteur », « Le générateur de vapeur », « La turbine », « L'alternateur »...

S'interroger sur la signification des lettres inscrites sur les cartes « systèmes »

Dans la discussion en groupe, il est possible de demander aux élèves de s'interroger sur la signification des lettres des cartes « systèmes ».

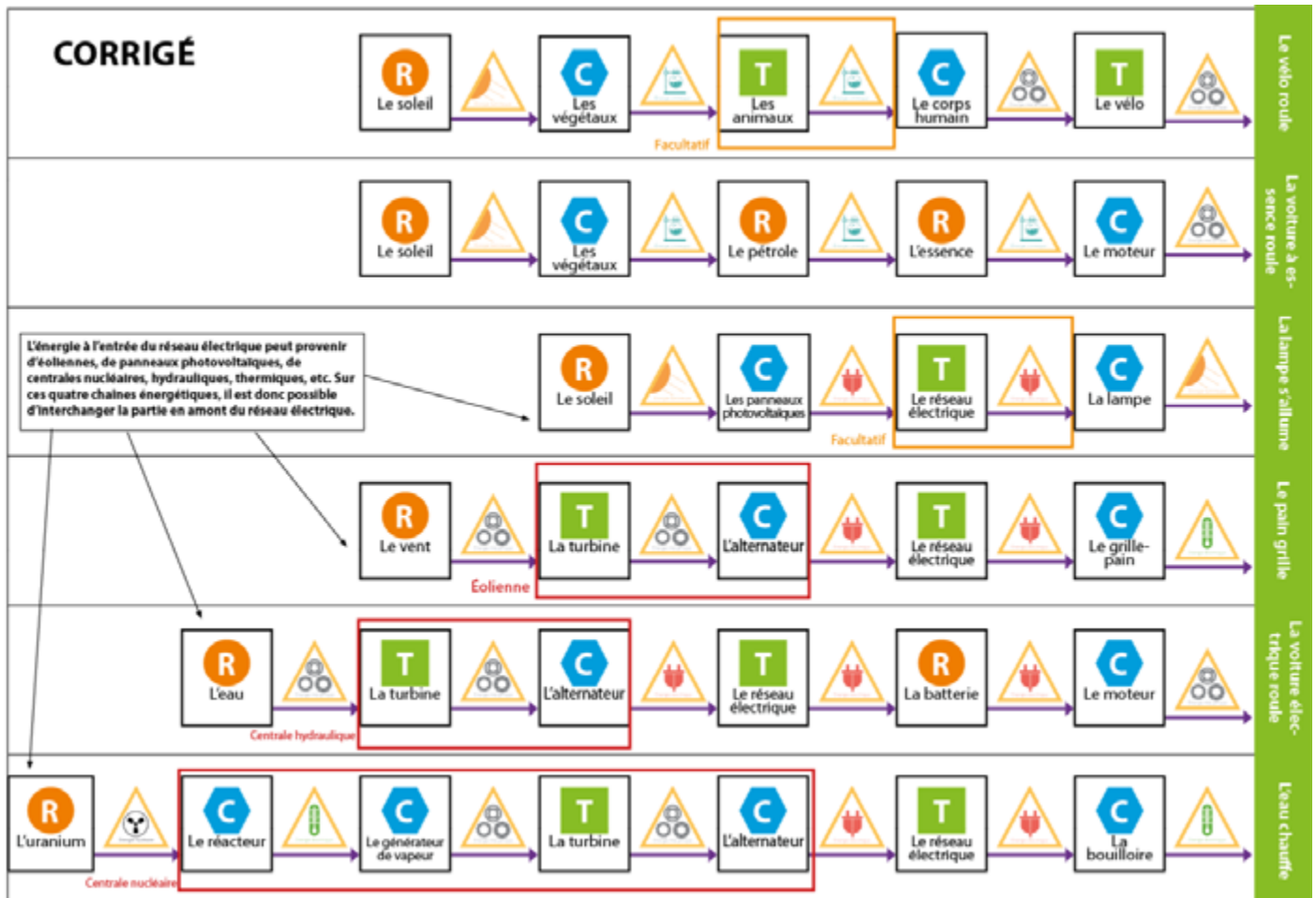
Pour cela, il faut mettre l'accent sur les points communs entre les cartes possédant les mêmes lettres, tout en observant les cartes « formes d'énergie » à l'entrée et à la sortie du système.

- R = Ressources. Les ressources en énergie proviennent de la matière présente dans la nature (soleil, eau, air-vent, pétrole, uranium) ou de cette même matière transformée par les humains (essence, batterie). Toutes ces ressources peuvent être considérées comme des stocks d'énergie.
- T = Transfert. Un transfert d'énergie correspond à un système dont la forme d'énergie est la même à l'entrée et à la sortie. En d'autres termes, il s'agit d'une transmission d'énergie d'un système à un autre sans changement de forme d'énergie.
- C = Conversion. Un convertisseur correspond à un système dont la forme d'énergie en entrée diffère de la forme d'énergie en sortie.

À noter, les systèmes ont été fortement simplifiés. Par exemple :

- Le corps humain est considéré uniquement comme un convertisseur d'énergie chimique (tirée des aliments) en énergie mécanique (contraction musculaire). Or une partie de l'énergie alimentaire reste dans le corps sous forme chimique, où elle contribue à la construction du corps lui-même.
- La batterie est ici considérée comme une ressource, car elle stocke l'énergie. C'est également un convertisseur puisqu'elle transforme l'énergie électrique en énergie chimique et inversement.

Exemples de chaînes énergétiques pour chaque plateau



Remarque sur la **production d'électricité** : l'électricité arrivant dans un réseau électrique peut être produite de différentes manières. Il est donc possible pour les situations « La lampe s'allume », « Le pain grille », « La voiture électrique roule » et « L'eau chauffe » d'intervertir les chaînes en amont de la carte « Le réseau électrique ».

Points d'attention

La notion de dissipation énergétique

Le jeu, tel qu'il est construit, ne fait pas apparaître la dissipation de l'énergie lorsqu'un système fonctionne, une partie de l'énergie se dissipant sous différentes formes, comme l'énergie thermique ou mécanique (ondes sonores, sismiques...). Quel que soit le système considéré, gardons à l'esprit que la quantité d'énergie entrante est égale à celle sortante (énergie « utile » + énergie « dissipée »). Mais les notions de rendement et de dissipation d'énergie signifient que la totalité de l'énergie entrante n'est pas transformée en énergie « utile » par le système.

Ce point important doit être mis en avant lors des discussions avec les élèves.

La notion d'énergie « renouvelable » et d'énergie fossile

Du point de vue de la physique, gardons à l'esprit que le terme « renouvelable » accolé à « énergie » est impropre. La quantité d'énergie dans l'univers est finie, on ne peut ni « produire » de l'énergie ni la renouveler. L'énergie peut changer de forme et passer d'une forme (d'un réservoir) à une autre. « Renouvelable » est plutôt lié à la ressource dont on tire/obtient l'énergie : le vent, le soleil, le pétrole... Mais, là encore, il faut considérer l'échelle de temps qu'on utilise. Par exemple, le soleil a une durée de vie finie d'environ 10 milliards d'années. En ce sens, ce n'est pas une ressource « renouvelable ». De même, les énergies fossiles se sont formées dans des conditions géologiques très spécifiques sur des millions d'années. En prenant en compte ce facteur temps, nous considérons qu'elles ne sont pas renouvelables.

L'origine du pétrole

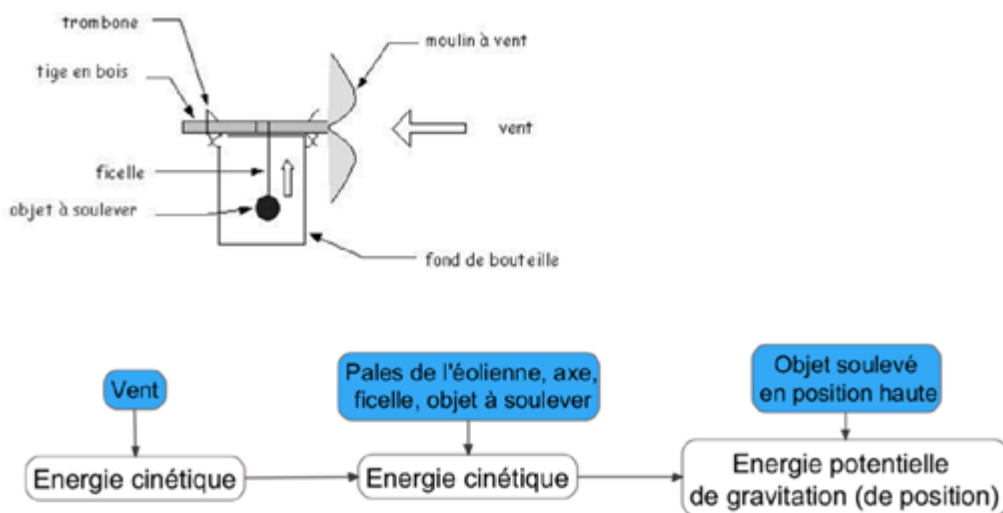
Concernant la chaîne énergétique incluant le pétrole, nous avons fait le choix d'utiliser la carte système « Les végétaux », étant entendu qu'on rassemble sous ce terme une diversité d'êtres vivants (plantes, algues vertes, algues brunes, cyanobactéries...) qui ont en commun de réaliser la photosynthèse, mais qui ne constituent pas un groupe phylogénétique.

L'énergie mécanique

Pour notre jeu de plateau, nous avons fait le choix de ne pas caractériser l'énergie mécanique selon qu'il s'agit d'énergie cinétique ou d'énergie potentielle de gravitation (ou encore dénommée « énergie potentielle de pesanteur » ou « énergie de position »). Les situations faisant appel à l'énergie potentielle de gravitation et ses transformations sont difficilement représentables avec le matériel mis à disposition. En prolongement du jeu, vous pouvez décider de présenter aux élèves des situations permettant de distinguer énergie cinétique et énergie potentielle de gravitation, et d'aborder ainsi leurs transformations. Deux exemples peuvent être considérés :

- le moulin permettant de monter une charge ;
- la chute d'une balle.

Il vous faudra alors adopter des systèmes de notation propices à l'analyse de ces chaînes énergétiques. En voici un exemple pour le moulin à vent :



Exemples de textes pouvant être produits par les élèves lors de la verbalisation des chaînes énergétiques des six situations (actions) proposées par le jeu

Note pédagogique :

Les textes qui suivent sont donnés à titre indicatif. Les formulations employées par les élèves pour décrire les différentes chaînes énergétiques dépendront fortement des connaissances qu'ils possèdent et des objectifs que vous vous fixerez.

La lampe s'allume (panneaux photovoltaïques) :

L'énergie lumineuse du soleil (la lumière, le rayonnement solaire) frappe les panneaux photovoltaïques. Ces derniers produisent alors de l'électricité. Ils transforment l'énergie lumineuse en énergie électrique.

La lampe s'allume : elle transforme l'énergie électrique en énergie lumineuse, puisqu'elle émet de la lumière.

Le pain grille (version obtention d'énergie électrique via une éolienne) :

Le vent, c'est de l'air en mouvement. Il possède donc une énergie mécanique (exactement une énergie cinétique). Il fait tourner la turbine (les pales de l'éolienne) qui transmet son mouvement à un alternateur. L'énergie mécanique fournie par le vent (transférée à la turbine, puis à l'alternateur) est alors transformée en énergie électrique. Le réseau électrique transfère/transporte l'énergie électrique jusqu'au grille-pain à qui il permet de fonctionner.

Le grille-pain grille le pain : il transforme l'énergie électrique en énergie thermique (les filaments du grille-pain s'échauffent, ils deviennent rouges. Ils transfèrent leur énergie thermique au pain qui grille).

Le vélo roule (chaîne énergétique remontant jusqu'à l'émission du rayonnement solaire) :

Le soleil émet de la lumière. L'énergie lumineuse parvient jusqu'aux végétaux. Grâce à la photosynthèse, les végétaux convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique (notamment sous forme de sucres). Les animaux consomment directement des végétaux ou d'autres animaux ayant consommé eux-mêmes des végétaux. L'énergie chimique est ainsi transmise le long des chaînes alimentaires. Le corps humain convertit l'énergie chimique en énergie mécanique pour faire fonctionner ses muscles. Cette énergie mécanique (cinétique) permet de mettre en mouvement le vélo.

Le vélo en mouvement, ainsi que le cycliste acquièrent/possèdent une énergie mécanique (cinétique).

L'eau chauffe (version obtention d'énergie électrique via une centrale nucléaire) :

La centrale nucléaire transforme l'énergie nucléaire fournie par l'uranium (la fission des noyaux d'uranium) en énergie électrique. Le réseau électrique transfère/transporte l'énergie électrique jusqu'à la bouilloire à qui elle permet de fonctionner. La bouilloire « chauffe » l'eau : elle transforme l'énergie électrique en énergie thermique (la résistance de la bouilloire s'échauffe ; elle transfère son énergie thermique à l'eau qui chauffe).

Chaîne énergétique interne à la centrale nucléaire : à l'intérieur du réacteur, l'énergie nucléaire est transformée en énergie thermique. Cette énergie thermique permet à l'eau de passer de l'état liquide à l'état gazeux. La vapeur d'eau obtenue est canalisée (comme dans une Cocotte-Minute) et sa mise en mouvement (fait tourner les pales d'un alternateur) entraîne une turbine couplée à un alternateur. L'énergie mécanique de la vapeur d'eau est transférée à l'alternateur qui acquiert également une énergie mécanique (il tourne). L'alternateur transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

La voiture électrique roule (version obtention d'énergie électrique via une centrale hydraulique) :

La centrale hydraulique transforme l'énergie mécanique de l'eau en mouvement en énergie électrique. Le réseau électrique transfère/transporte l'énergie électrique jusqu'à la batterie de la voiture qui se charge. La batterie restitue cette énergie électrique au moteur et la voiture roule. Le moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique, et la voiture et ses passagers acquièrent une énergie mécanique (la voiture et les passagers sont en mouvement, on peut même parler d'énergie cinétique).

Chaîne énergétique interne à la centrale hydraulique : l'énergie mécanique de l'eau en mouvement est transférée à l'alternateur qui acquiert également une énergie mécanique (l'eau qui chute fait tourner une turbine – « des pales » – qui entraîne un alternateur). L'alternateur transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

La voiture à essence roule :

Le soleil émet de la lumière. L'énergie lumineuse parvient jusqu'aux végétaux. Grâce à la photosynthèse, les végétaux convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique (notamment sous forme de sucres), ce qui leur permet de croître.

Dans certaines conditions très précises et sur de grandes échelles de temps, l'accumulation de grandes quantités de végétaux morts au fond des océans, des lacs ou dans les deltas va conduire à la formation de pétrole (énergie chimique). L'essence est ensuite extraite (par distillation) à partir du pétrole, l'énergie ne change pas de forme (énergie chimique).

La combustion de l'essence dans le moteur permet de transformer cette énergie chimique en énergie mécanique (dans la chambre à combustion, l'essence sous pression explose et la détente des gaz met en mouvement les pistons du moteur).

Le moteur transforme l'énergie chimique en énergie mécanique. La voiture et ses passagers acquièrent une énergie mécanique (la voiture et les passagers sont en mouvement, on peut même parler d'énergie cinétique).

D'où vient l'énergie ?

Fiche élève

Rappel sur l'énergie et ses différentes formes

Pictogramme correspondant dans le jeu	Différentes formes prises par l'énergie
	Énergie mécanique : l'énergie mécanique regroupe toutes les questions liées à l'énergie cinétique et à l'énergie potentielle de gravitation. • Énergie cinétique : c'est l'énergie liée au mouvement. Elle dépend de la masse et de la vitesse d'un objet. → Un coureur, une automobile, un objet qui chute ou encore une turbine en mouvement de rotation possèdent une énergie cinétique. • Énergie potentielle de gravitation (également dénommée « énergie potentielle de pesanteur » ou « énergie de position ») : c'est l'énergie liée à l'attraction exercée par la Terre sur tous les corps et les objets. On l'appelle aussi « énergie de position » parce qu'elle dépend de la distance qui sépare les objets du centre de la Terre. Elle dépend également de la masse de l'objet. → Une bille ou tout objet que tu t'apprêtes à lâcher possède une énergie potentielle de gravitation.
	Énergie électrique : obtenue à partir de la mise en mouvement de porteurs de charges comme les électrons, qui sont des constituants microscopiques de la matière. Elle peut être fournie par des piles, des accumulateurs, des alternateurs, des panneaux photovoltaïques.
	Énergie chimique : elle est associée aux transformations chimiques et aux énergies de liaison entre les atomes.
	Énergie thermique : elle est le reflet de l'agitation thermique des constituants de la matière (atome, molécule). Elle est liée à la température. Plus un corps possède d'énergie thermique, plus sa température est élevée et vice versa.
	Énergie lumineuse : produite, par exemple, par le rayonnement solaire ou tout objet qui produit de la lumière (lampe, laser...).
	Énergie nucléaire : elle concerne les transformations et les liaisons ayant lieu dans les noyaux d'atomes.

La chaîne énergétique d'un dispositif désigne l'ensemble des transformations d'énergie (l'ensemble des passages successifs d'une forme d'énergie à une autre) qui ont lieu dans le dispositif.

D'où vient l'énergie ?

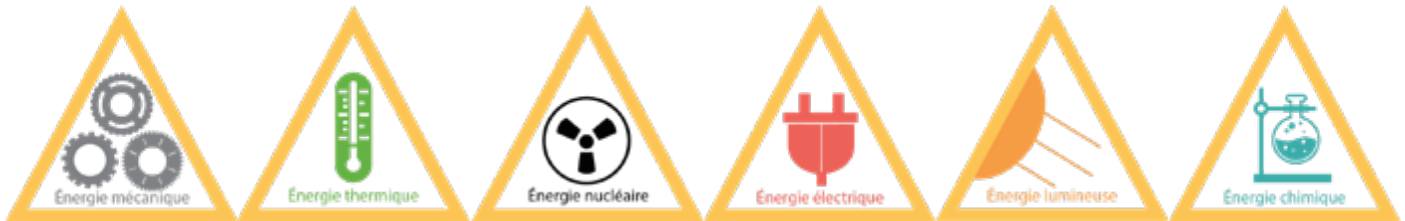
Fiche élève

Jeu : D'où vient l'énergie ?

Composition du jeu :

Le jeu est composé de différents éléments :

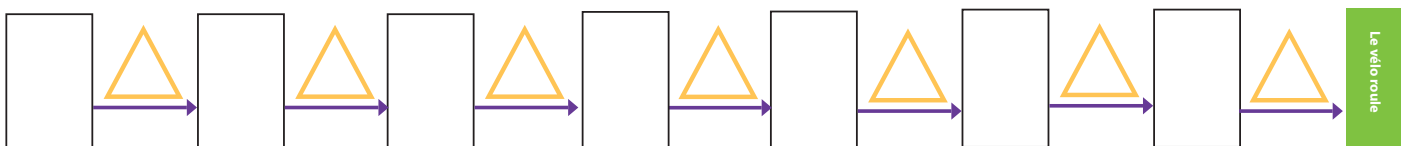
- Les cartes « formes d'énergie » ( triangulaires)



- Les cartes « systèmes » ( rectangulaires)



- Le(s) plateau(x) accueillant les cartes « systèmes » et les cartes « formes d'énergie ».



But du jeu

Le but du jeu est de reconstituer les chaînes énergétiques qui permettent de réaliser les actions suivantes :

- Le vélo roule.
- La voiture à essence roule.
- La lampe s'allume.
- Le pain grille.
- L'eau chauffe.
- La voiture électrique roule.

Déroulement

- Pour chaque situation, reconstituer à rebours la chaîne énergétique en choisissant les cartes « systèmes » et les cartes « formes d'énergie » qui conviennent.
- Attention : le nombre de cases de chaque plateau est fixe, mais l'ensemble des cases n'est pas forcément utile. Les joueurs arrêtent de poser des cartes lorsqu'ils estiment que la chaîne énergétique de la situation est complète. On pourra d'ailleurs tolérer différentes chaînes plus ou moins longues pour chacune des situations.

PLANCHE 1-A

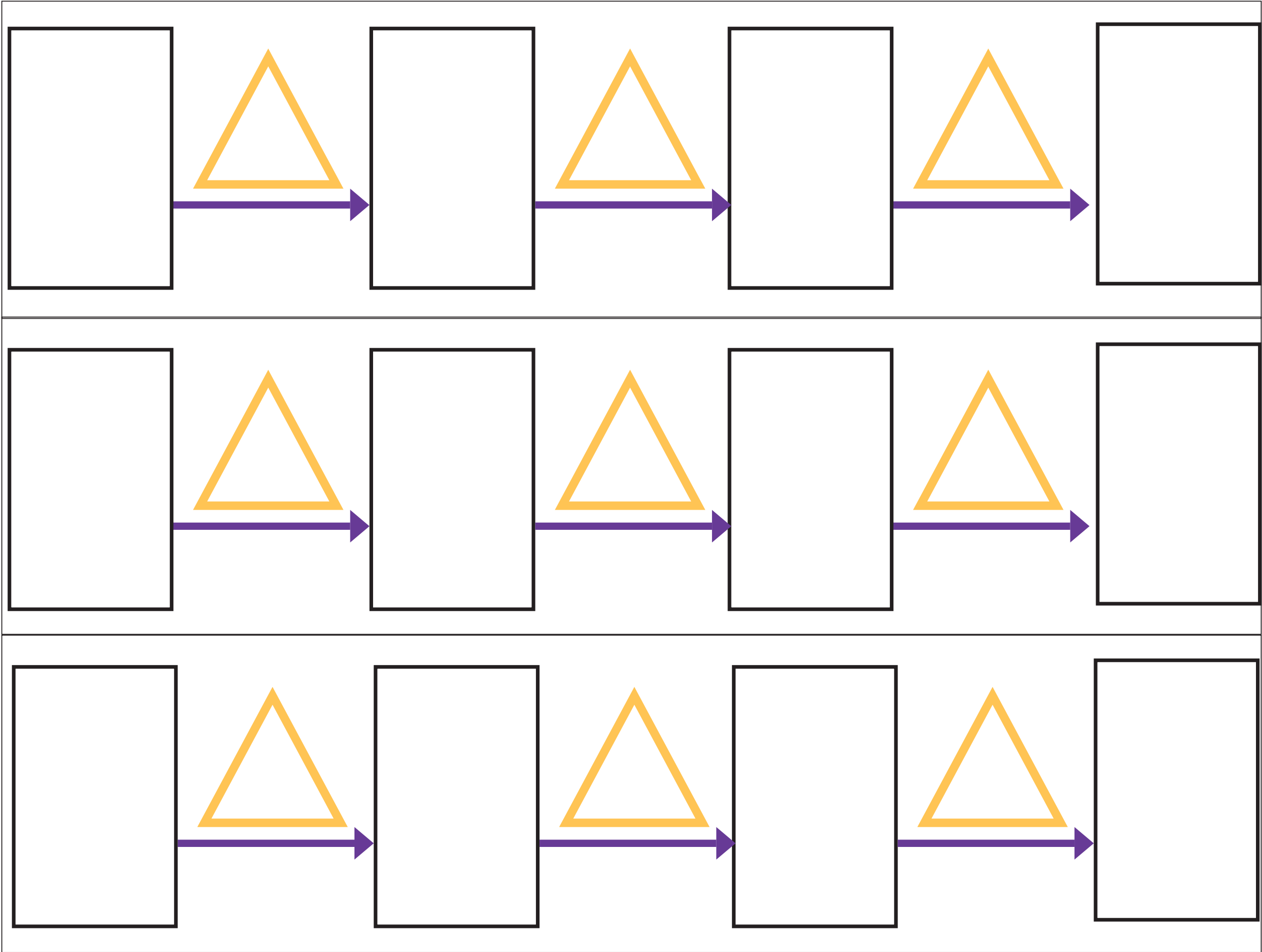


PLANCHE 1-B

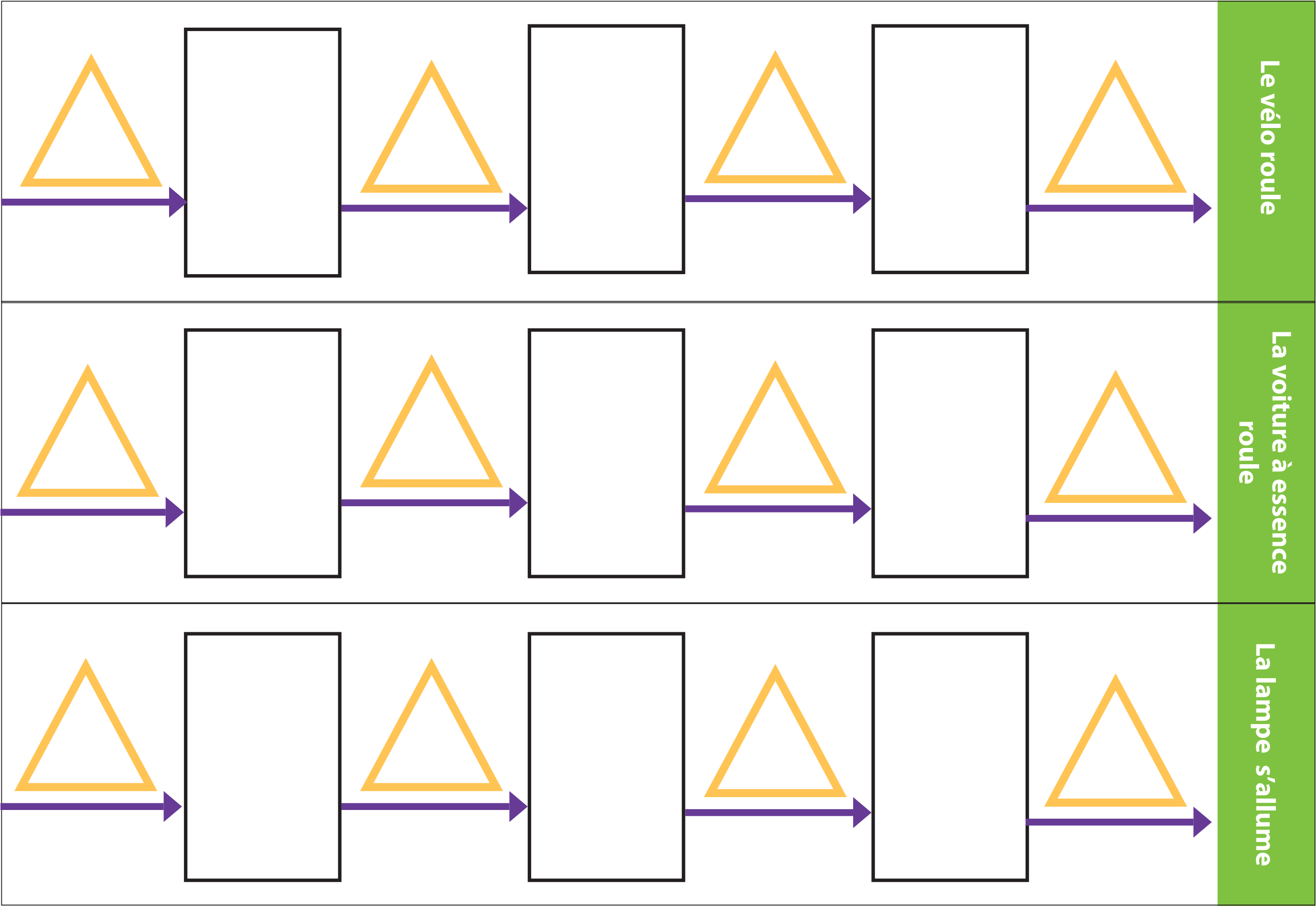


PLANCHE 2-A

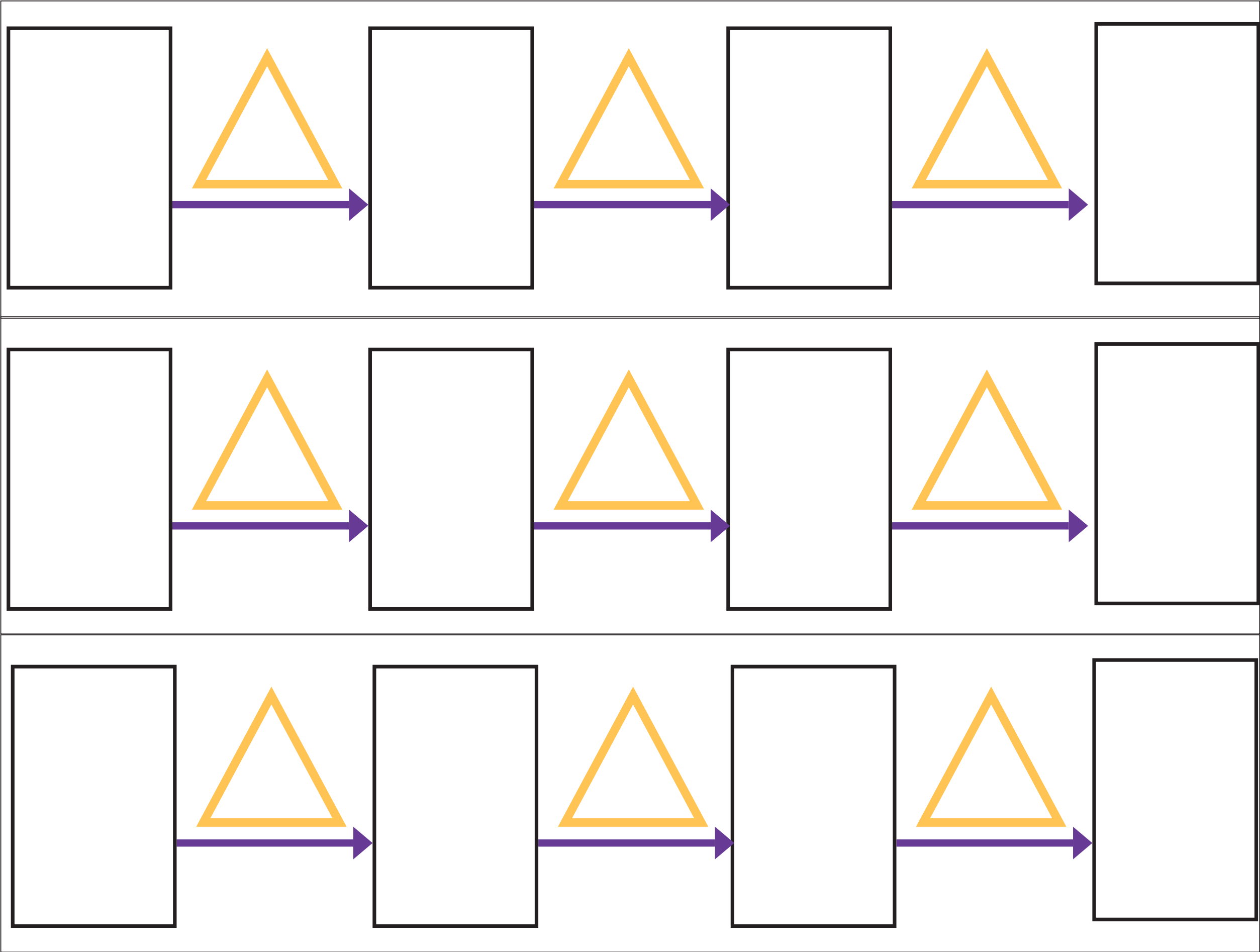


PLANCHE 2-B

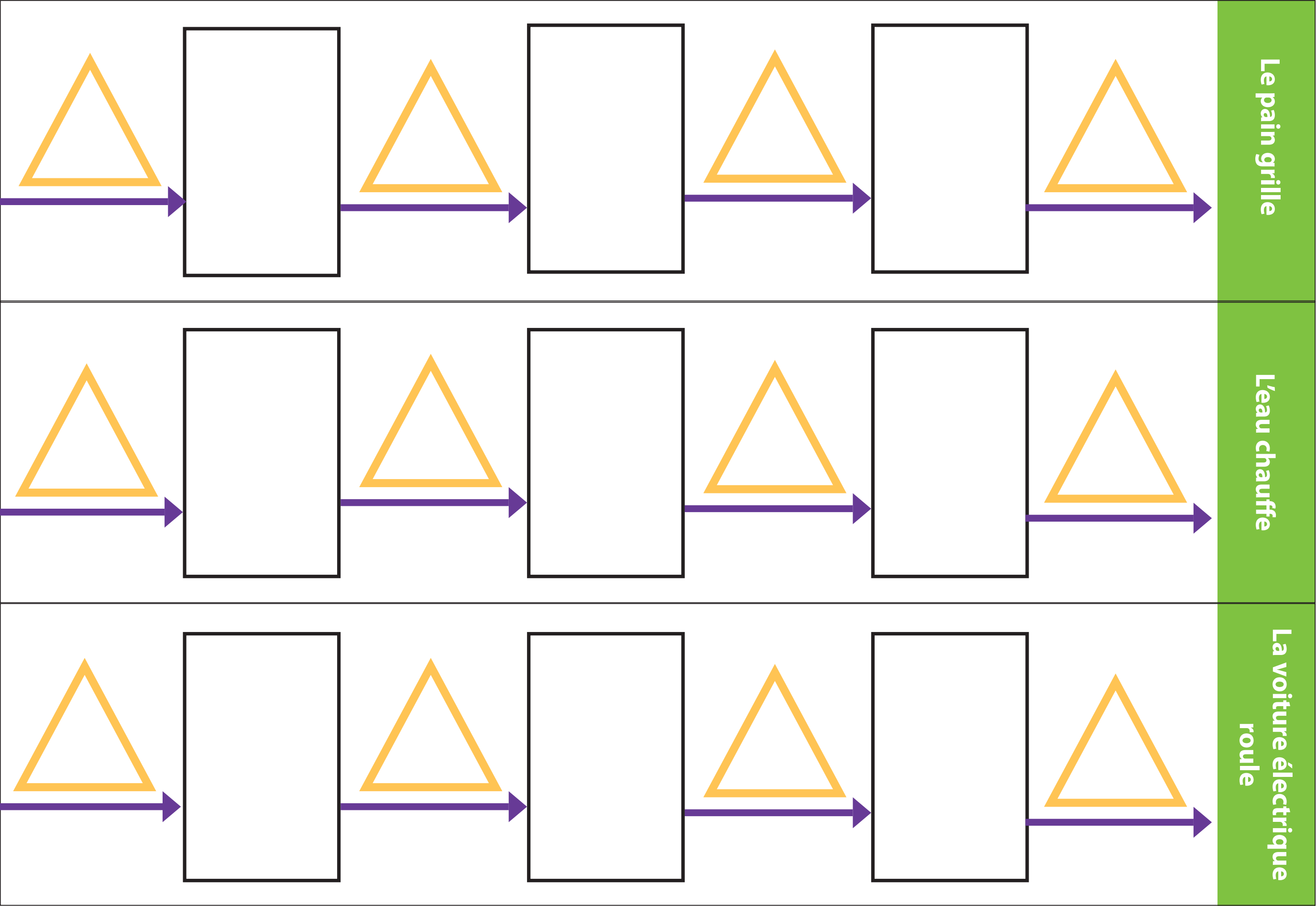


PLANCHE 3



La lampe

transforme l'électricité en lumière.



Le panneau photovoltaïque

produit de l'électricité lorsqu'il est éclairé par le soleil grâce à ses cellules photovoltaïques.



Le moteur

transforme une énergie en un mouvement mécanique



Le moteur

transforme une énergie en un mouvement mécanique



Le grille-pain

possède des filaments qui chauffent quand l'électricité les traverse.



Les végétaux

convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique (notamment sous forme de sucres) grâce à la photosynthèse. Ce procédé leur permet de croître.



Le corps humain

Dans l'appareil digestif, les aliments sont fragmentés en nutriments qui fourniront aux muscles l'énergie nécessaire à leur fonctionnement.



La centrale hydraulique

est un dispositif qui permet de produire de l'électricité à partir d'une chute d'eau.



L'éolienne

est un dispositif qui permet de produire de l'électricité à partir du vent.



La centrale nucléaire

permet la production d'électricité à partir d'un combustible nucléaire.



Le réacteur nucléaire

est le lieu des fissions nucléaires. L'énergie thermique dégagée est transférée à l'eau du circuit primaire mise sous pression.



Le générateur de vapeur

utilise la chaleur provenant du circuit primaire pour transformer l'eau du circuit secondaire en vapeur.



L'alternateur

est constitué d'un aimant et d'une bobine. La rotation de l'aimant ou de la bobine permet d'obtenir un courant électrique.



L'alternateur

est constitué d'un aimant et d'une bobine. La rotation de l'aimant ou de la bobine permet d'obtenir un courant électrique.



Les végétaux

convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique (notamment sous forme de sucres) grâce à la photosynthèse. Ce procédé leur permet de croître.



L'alternateur

est constitué d'un aimant et d'une bobine. La rotation de l'aimant ou de la bobine permet d'obtenir un courant électrique.



La bouilloire

transforme l'énergie électrique en énergie thermique qui permet de chauffer l'eau.

PLANCHE 4



Le moteur

transforme une énergie en un mouvement mécanique.



Le pétrole

provient de la transformation de matières organiques issues des êtres vivants comme le plancton, les végétaux, les animaux, etc.



Le soleil

émet en permanence de la lumière (un rayonnement).



Le soleil

émet en permanence de la lumière (un rayonnement).



Le soleil

émet en permanence de la lumière (un rayonnement).



L'essence

est un liquide inflammable, issu de la distillation du pétrole, utilisé comme carburant dans les moteurs à combustion interne.



L'uranium

est un élément radioactif. Sous l'effet d'une collision avec un neutron, son isotope 235 peut se casser en deux noyaux plus petits. C'est ce qu'on appelle la fission nucléaire.



L'eau

en mouvement fournit de l'énergie.



Le vent

correspond au déplacement d'une masse d'air.



La batterie

permet de stocker l'énergie électrique sous forme chimique et de la restituer sous forme d'énergie électrique.



Les animaux

se nourrissent de végétaux et/ou d'autres animaux.



La turbine

est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie d'un fluide en mouvement pour faire tourner un objet.



La turbine

est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie d'un fluide en mouvement pour faire tourner un objet.



La turbine

est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie d'un fluide en mouvement pour faire tourner un objet.



Le réseau électrique

est l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'électricité sur tout le territoire.



Le réseau électrique

est l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'électricité sur tout le territoire.



Le vélo

roule lorsque le pédalier est mis en mouvement et fait tourner les roues.



Le réseau électrique

est l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'électricité sur tout le territoire.

PLANCHE 5

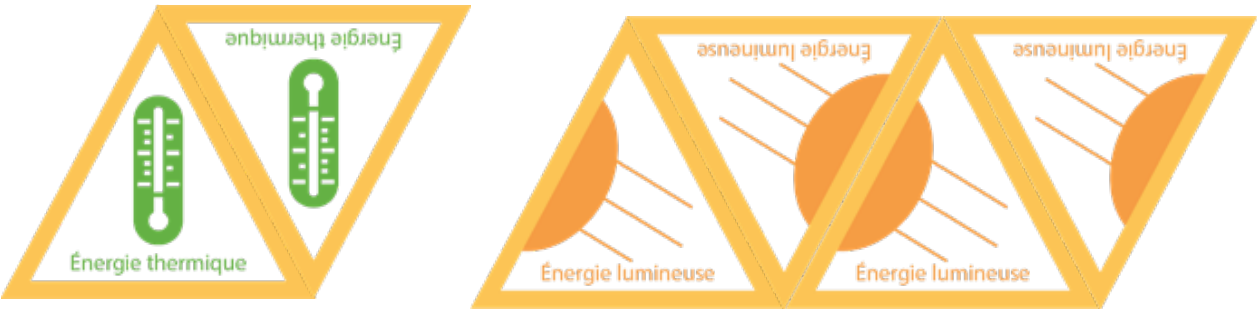
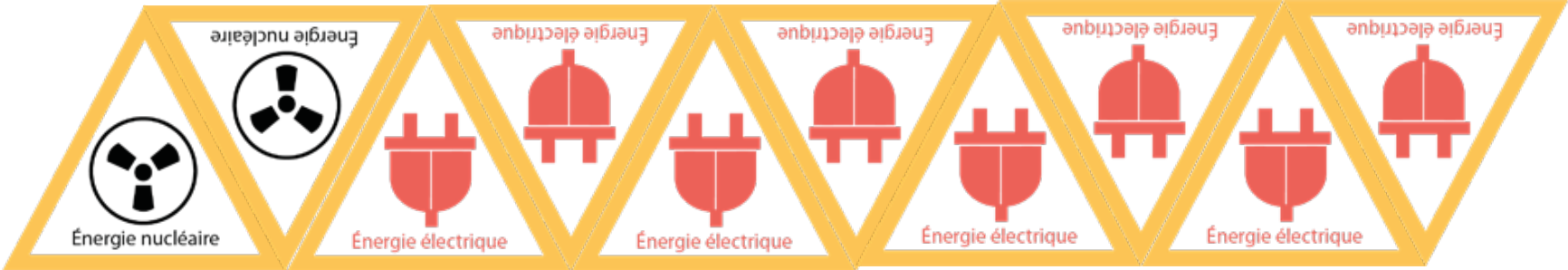
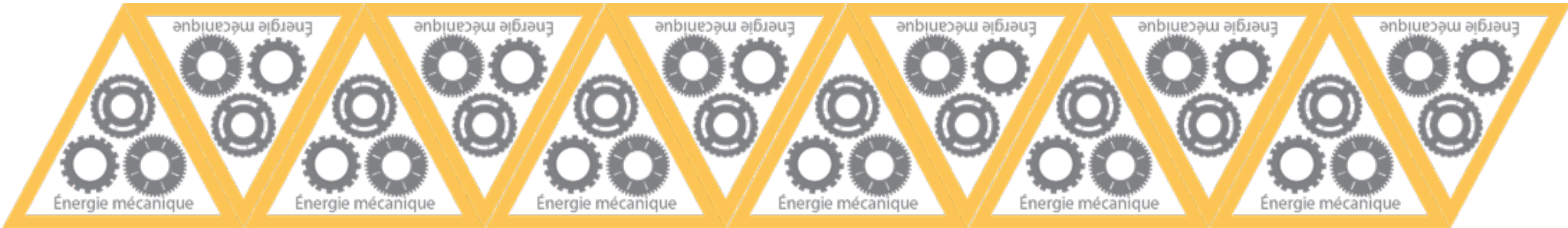
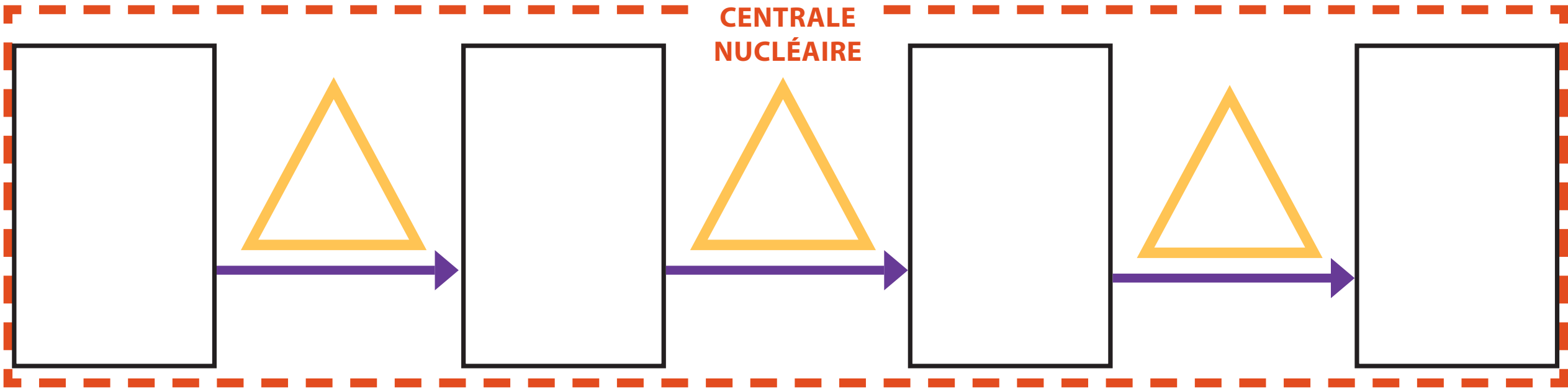
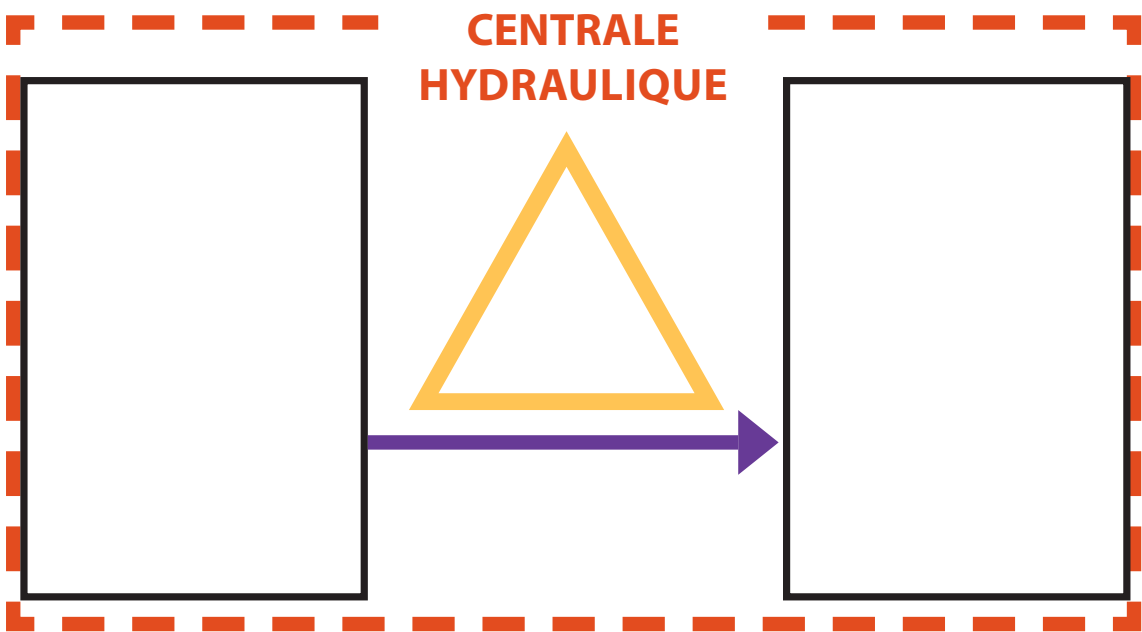
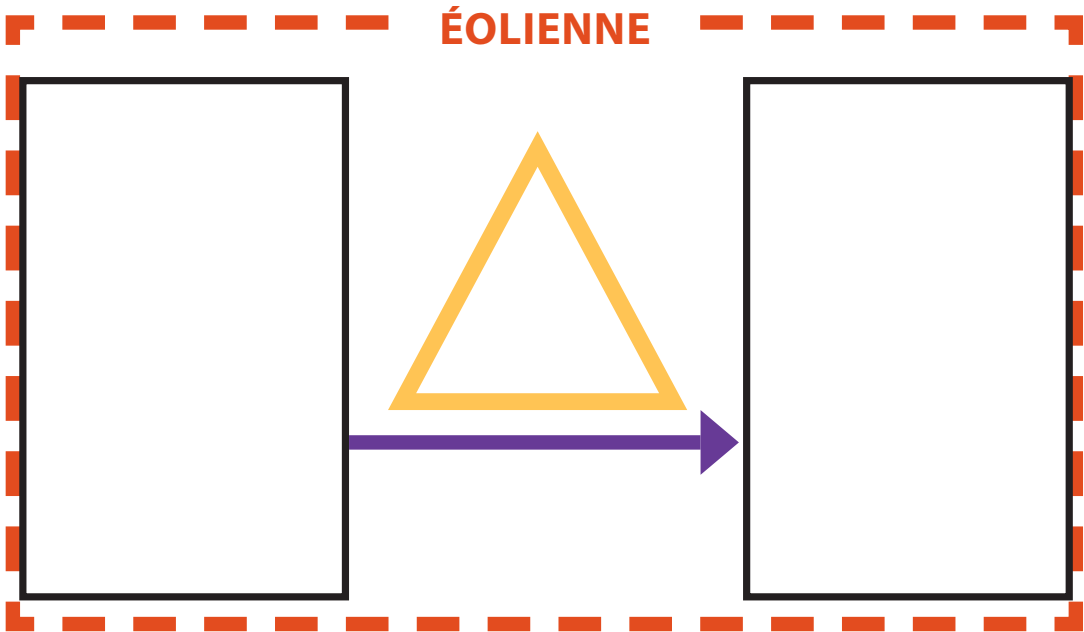
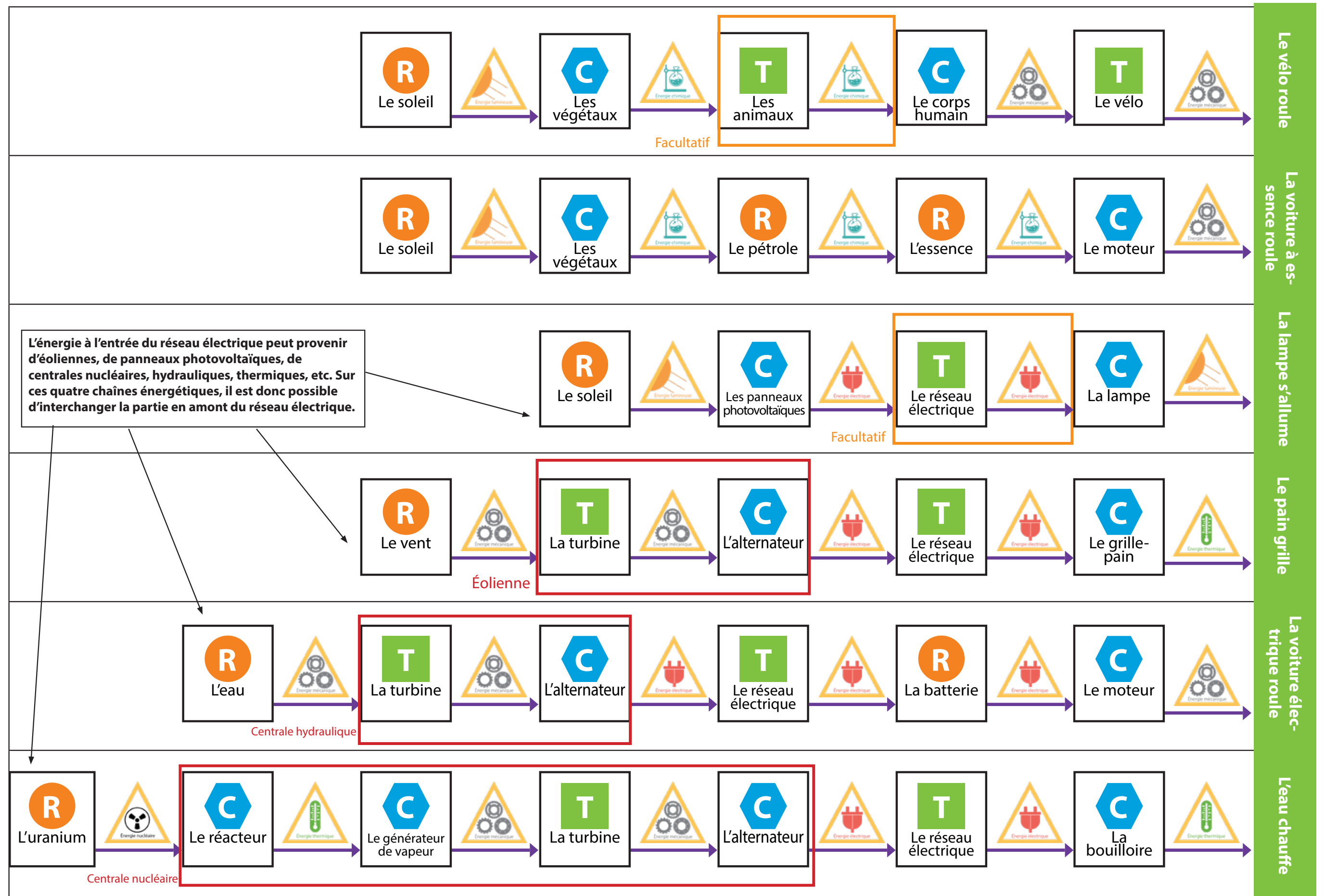


PLANCHE 6



CORRIGÉ



Auteurs

Jean-Philippe CASSAR (*Maison pour la science en Nord-Pas-de-Calais*)

Thi-Lan LUU (*Maison pour la science en Nord-Pas-de-Calais*)

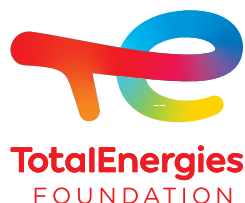
Frédéric PÉREZ (Fondation *La main à la pâte*)

Remerciements

Gwenaelle Deromelaere, Brigitte Deryckx, enseignantes du 2nd degré et les ingénieurs de formation du réseau des *Maisons pour la science*



Ce projet pédagogique a été co-produit avec la *Maison pour la science en Nord-Pas-de-Calais*



Avec le soutien de TotalEnergies Foundation

Date de publication

Février 2022

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

