

Les niveaux conceptuels illustrant l'énergie d'activation

Par Dominique Landry et Judith Vézina

Le concept d'énergie d'activation fait partie du cours de chimie 534, qui est donné à des élèves de cinquième secondaire. Comme il s'agit d'un cours optionnel, on peut s'attendre à ce que les élèves aient un intérêt pour les sciences.

L'énergie d'activation d'une réaction est présentée au module 3 « Réactions chimiques : Énergie » du programme de chimie 534. On retrouve ce concept dans le chapitre portant sur le potentiel énergétique. Dans ce même chapitre, les élèves apprennent, entre autres, en plus du concept d'énergie d'activation, les concepts d'enthalpie, de variation d'enthalpie, de chaleur de formation et de collisions efficaces. Ce dernier concept est particulièrement important dans la compréhension de l'énergie d'activation.

L'objectif du module 3 « Réactions chimiques : Énergie » est de permettre à l'élève d' « Investiguer, à l'aide de la méthode scientifique, divers changements chimiques pour en découvrir certains effets, pour comprendre les transferts d'énergie qui en résultent et se sensibiliser à leurs impacts sur la société et sur l'environnement. »

L'objectif particulier lié au chapitre portant sur le potentiel énergétique est d' « Illustrer, à la suite des démonstrations et au moyen de graphiques, la variation de l'enthalpie des substances en jeu dans une réaction chimique endothermique et dans une réaction chimique exothermique. » Bien que cet objectif n'inclue pas particulièrement le concept d'énergie d'activation, la compréhension de ce dernier est essentielle à sa réalisation.

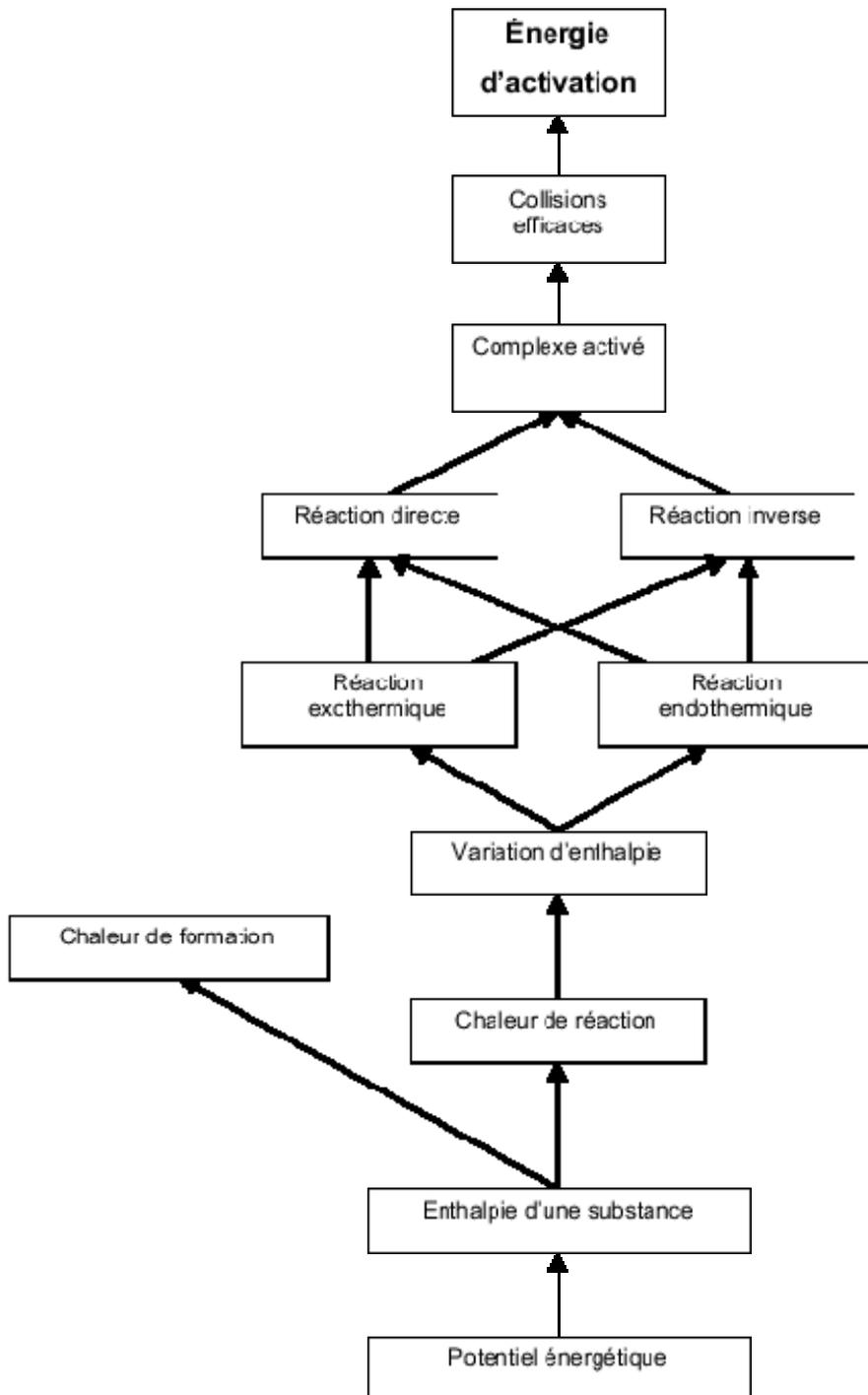
Comme vous pourrez le voir dans le réseau conceptuel, les élèves auront préalablement vu les concepts de réactions endothermiques et exothermiques, d'enthalpie d'une substance, de chaleur de réaction, de collisions efficaces et plusieurs autres notions sur les réactions chimiques et l'énergie. Afin de bien répondre aux objectifs du programme dans son ensemble, l'élève devra être en mesure d'appliquer les concepts appris à des situations de la vie courante.

Réseau conceptuel

Vous retrouverez à la page suivante le réseau conceptuel menant au concept choisi, soit celui d'énergie d'activation. Au bas du schéma se trouvent les cinq modules du cours de chimie 534. Le concept que nous avons choisi se retrouve dans le chapitre sur le potentiel énergétique du module 3. Une fois la théorie du potentiel énergétique comprise, l'élève peut toucher au concept d'enthalpie des substances. Par la suite, les principes de chaleur de réaction et de formation sont vus. Le concept de variation d'enthalpie vient après la chaleur de réaction. Il est alors possible d'aborder la théorie des réactions exothermiques et endothermiques. Ces deux concepts sont situés à la même hauteur sur le schéma puisque l'un n'est pas préalable à l'autre. Cependant, les enseignants commencent souvent par voir les réactions exothermiques avant celles endothermiques car, de façon générale,

les élèves ont plus de facilité à comprendre les réactions exothermiques. Par la suite, les principes de réactions directes et inverses seront vus pour les réactions exothermiques et endothermiques. La compréhension de tous ces concepts amène à voir celui du complexe activé. La maîtrise de ce dernier rend possible la compréhension des phénomènes de collisions efficaces et finalement, le principe d'énergie d'activation peut être abordé.

RÉSEAU CONCEPTUEL



Complexité de niveau 1

Le niveau 1 devrait pouvoir être utilisé avec des élèves de cinquième secondaire au commencement de leur apprentissage du concept d'énergie d'activation.

Complexité de niveau 2

À la fin de leur apprentissage du concept d'énergie d'activation, les élèves de cinquième secondaire devraient pouvoir comprendre les niveaux d'abstraction du niveau 2, de complexité supérieure à ceux du niveau 1. Dans le niveau 2, nous ajoutons les notions de collisions efficaces, de complexe activé, d'enthalpie, d'étape déterminante et de réactions exothermiques et endothermiques.

Niveau discursif 1

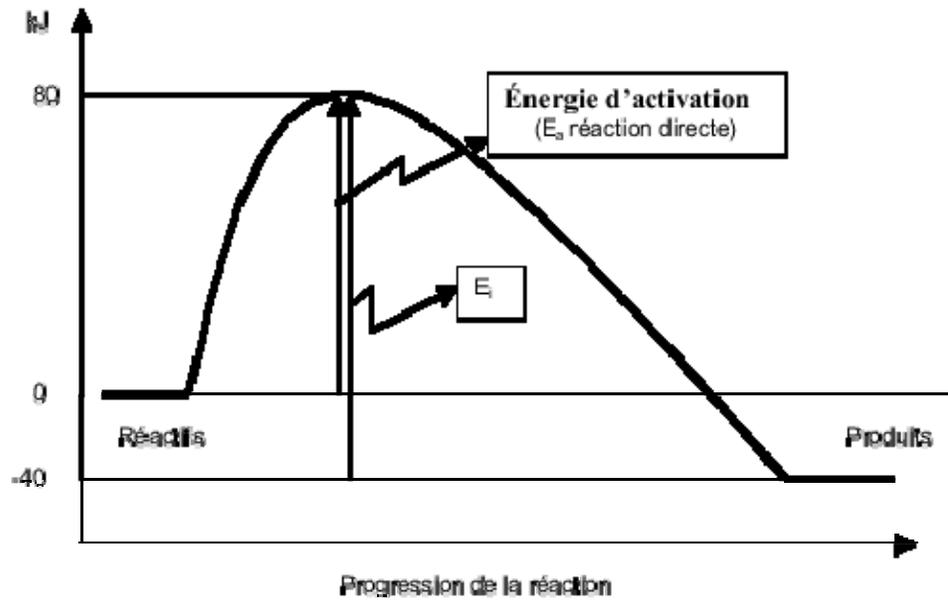
L'énergie d'activation est l'énergie minimum nécessaire qu'il faut fournir aux réactifs pour qu'il y ait une réaction chimique. Le niveau discursif de complexité 1 ne fait intervenir que les notions de base, soient les notions de réactifs, produits et réactions chimiques.

Niveau discursif 2

L'énergie d'activation d'une réaction est l'énergie minimum qu'il faut fournir aux molécules de réactifs de l'étape déterminante 3 pour que celles-là produisent des collisions efficaces permettant la formation d'un complexe activé suivi de la formation des produits. La réaction sera endothermique si la différence d'enthalpie entre les réactifs et les produits est positive et exothermique si cette différence est négative.

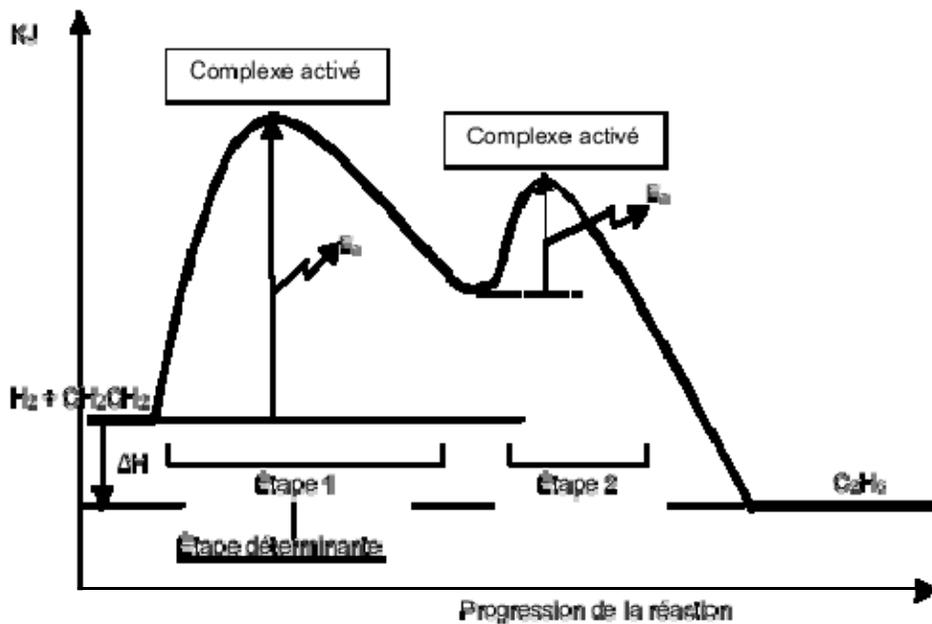
Le niveau discursif de complexité 2 fait intervenir toutes les notions importantes à la compréhension du concept de l'énergie d'activation pour une réaction à plusieurs étapes. Nous avons ajouté le concept de réactions endothermiques et exothermiques afin de répondre à l'objectif particulier du chapitre sur le potentiel énergétique cité dans la partie A du présent travail.

Niveau abstrait 1



On utilise ici la méthode graphique pour représenter le concept d'énergie d'activation d'une réaction chimique. Nous sommes en présence d'une réaction exothermique à un niveau assez simple qui illustre bien la barrière d'énergie à franchir pour que la réaction ait lieu.

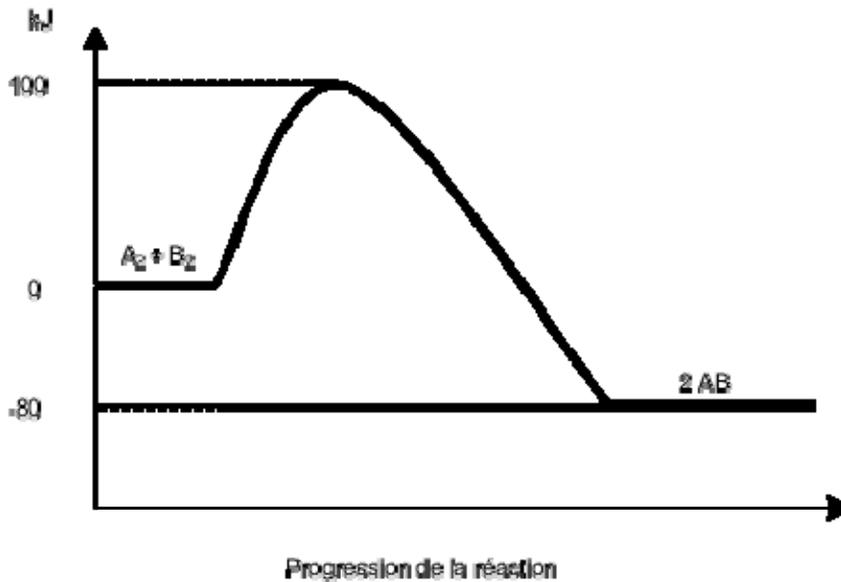
Niveau abstrait 2



Le concept est représenté par le graphique d'une réaction qui se déroule en deux étapes. Cette réaction chimique peut sembler plus compliquée pour l'élève qu'une réaction se déroulant en une seule étape. Nous avons aussi indiqué l'étape déterminante, la variation d'enthalpie entre les réactifs et les produits de même que les formules chimiques et l'emplacement des complexes activés. Cette représentation est d'un ordre de complexité plus élevé pour l'élève que celui du niveau 1 puisque plusieurs concepts sont présents.

Niveau procédural 1

D'après le diagramme suivant, répondez aux questions ci-dessous :



- Quelle est la valeur de l'énergie d'activation de la réaction directe ?
100 kJ
- Quelle est la valeur de l'énergie d'activation de la réaction inverse ?
180 kJ

Ici, on présente un problème qui permet à l'élève de calculer, à l'aide du graphique, les énergies d'activation demandées.

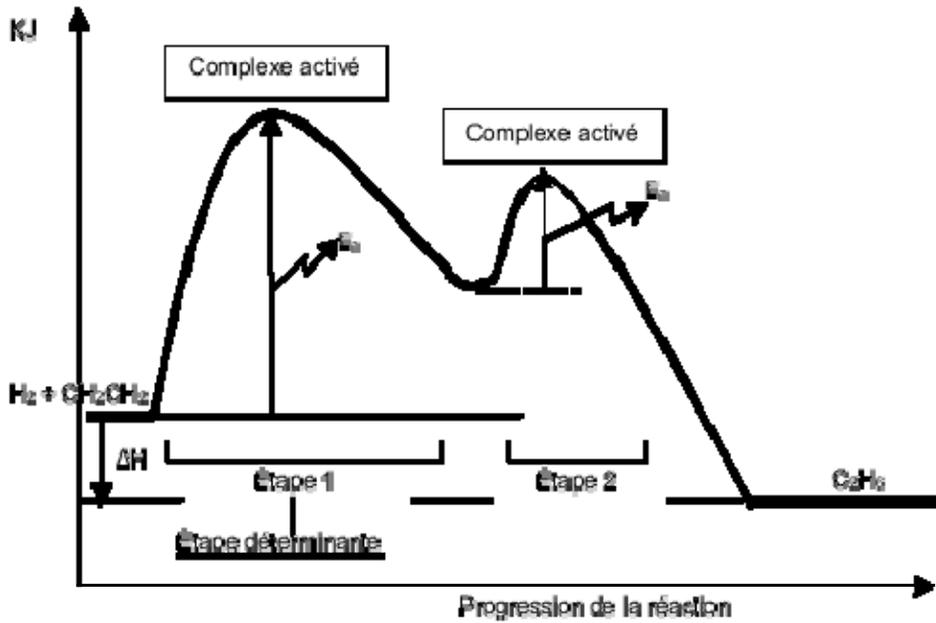
Niveau procédural 2

D'après les informations suivantes, dessinez un graphique :

- Pour une réaction directe, la production de collisions efficaces pour la première étape nécessite 550 kJ/mol.
- La formation du deuxième complexe activé nécessite 280 kJ/mol.
- L'énergie d'activation des produits pour la première étape de la réaction inverse est de 850 kJ/mol.

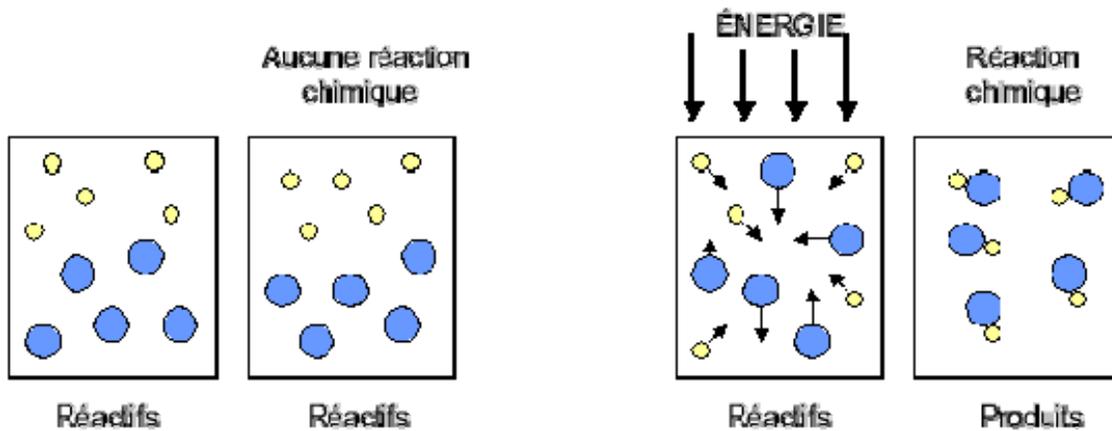
4- La réaction complète est une réaction exothermique ayant un H de 120 kJ/mol.

Réponse :



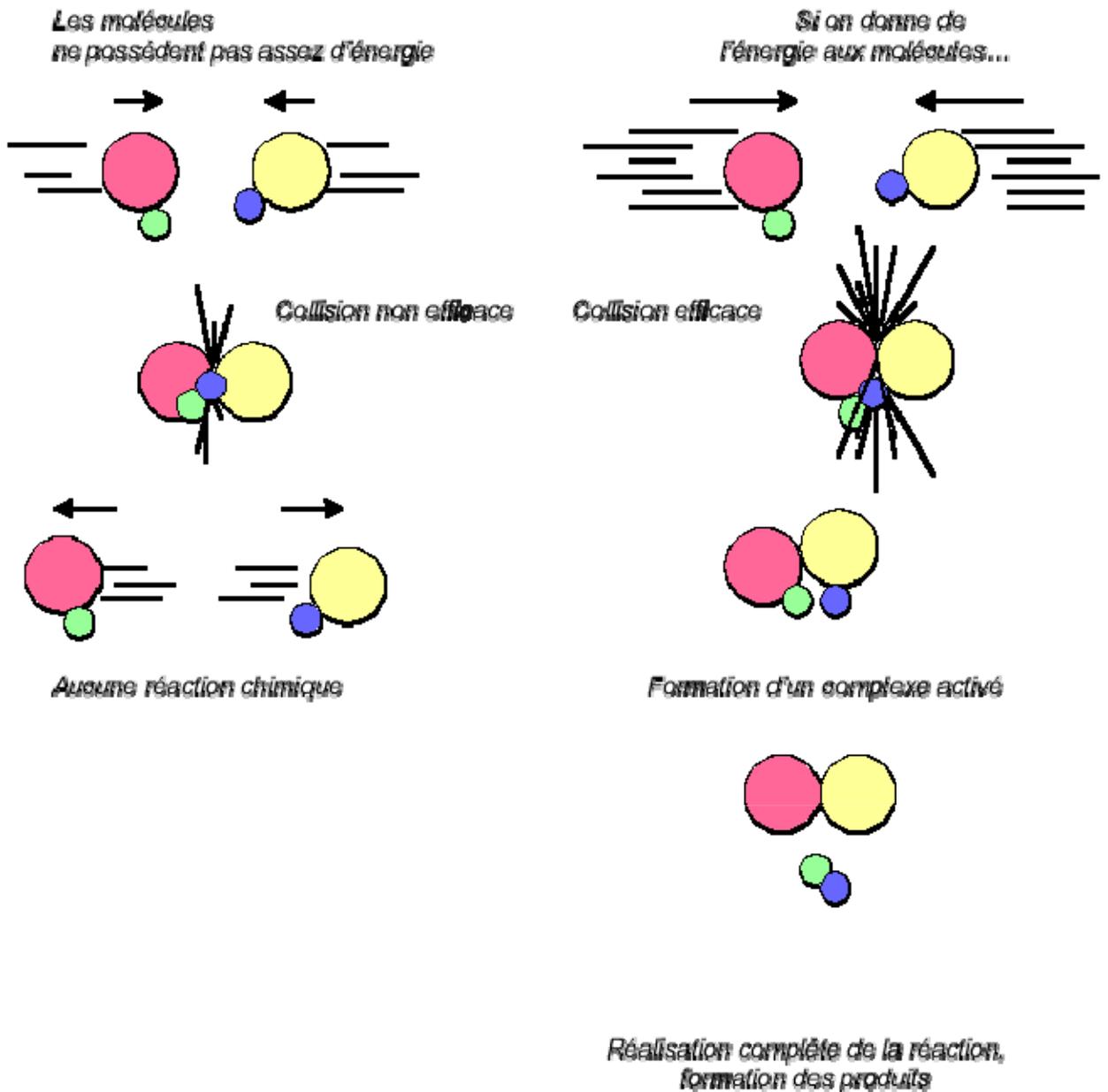
Pour réaliser cet exercice, l'élève doit maîtriser parfaitement les concepts vus en classe. Il doit savoir ce qu'est le complexe activé, l'enthalpie et l'énergie d'activation directe et inverse. Par cet exercice, il symbolise graphiquement une réaction chimique ce qui peut lui permettre de mieux comprendre les étapes de cette dernière.

Niveau concret 1



Par le niveau concret, l'élève peut voir qu'avec un apport d'énergie les molécules de réactifs, en mouvement, peuvent créer une réaction chimique et la formation de produits alors que, sans énergie, les molécules n'ont pas la capacité de former des liens.

Niveau concret 2



Analogies

Lors d'une balade à vélo, j'ai besoin d'énergie pour franchir les pentes ascendantes sur mon parcours, mais je descends très rapidement les pentes descendantes. Chaque fois qu'une nouvelle pente ascendante se présente, je dois à nouveau fournir de l'énergie, pour ensuite redescendre rapidement et sans difficulté.

Avantage : Permet de visualiser les réactions à plusieurs étapes.

Inconvénient : La pente descendante ne suit pas toujours immédiatement la pente ascendante lors d'une balade à vélo.

Au mini-golf, si je donne un coup qui n'est pas suffisamment fort, ma balle reviendra au point de départ. Par contre, si mon coup est suffisamment fort pour qu'elle franchisse la colline, ma balle se retrouvera de l'autre côté de la colline, mais elle ne restera jamais très longtemps sur le dessus de la colline.



Avantage : Permet de visualiser que le complexe activé est un état de transition qui a une très courte durée de vie. Permet aussi de visualiser la notion de collision efficace et d'en saisir les conséquences.

Inconvénient : Habituellement, le coup donné par le joueur a une force supérieure à la force minimum nécessaire pour faire passer la balle de l'autre côté de la colline, alors que l'énergie d'activation se limite à l'énergie minimum requise.

Contextualisation

Une allumette ne peut pas s'allumer seule, on doit la frotter pour que la réaction chimique ait lieu et qu'il apparaisse une flamme. Ceci pourrait amener les élèves à voir que l'allumette a besoin d'une certaine énergie d'activation qui se traduit par le frottement et que, sans cette énergie, il est impossible pour l'allumette de prendre feu.

Caractéristiques : Cet exemple est très visuel. On peut aussi faire manipuler les élèves. Le frottement de l'allumette peut aussi permettre aux élèves auditifs de situer le moment où la réaction peut avoir lieu, c'est-à-dire au moment où on lui donne l'énergie nécessaire.

La formation de la rouille est un exemple de réaction chimique. Par contre, la rouille n'apparaît pas immédiatement sur le fer. L'oxydation du fer est une réaction chimique spontanée, c'est-à-dire qu'elle a une très faible énergie d'activation, mais elle est très lente.

Caractéristiques : Cet exemple est un exemple concret qui fait intervenir un phénomène connu des élèves. Il peut aussi amener à parler des réactions spontanées et non spontanées. Il permet à l'élève de comprendre que les réactions spontanées ne sont pas nécessairement rapides. De plus, les élèves tactiles peuvent « toucher » le phénomène en comparant une surface de fer non oxydée à une surface oxydée.

Contre-exemples

Les réactions spontanées n'ont pas d'énergie d'activation.

Pour appuyer son point de vue, l'élève peut affirmer, par exemple, qu'il n'est pas nécessaire de fournir de l'énergie pour qu'il y ait une réaction lors du contact du phosphore avec l'oxygène. La réaction se fait très rapidement.

Est-ce que toutes les réactions spontanées réagissent violemment ?

Réponse : Non

Les réactions spontanées sont des réactions qui ont une énergie d'activation très faible. Elles nécessitent donc très peu d'énergie extérieure pour avoir lieu, mais leur énergie d'activation n'est pas égale à zéro. Les réactions non spontanées, quant à elles, nécessitent un apport important d'énergie extérieure pour avoir lieu. Leur énergie d'activation est plus grande.

L'énergie d'activation de la réaction inverse est la même que celle de la réaction directe.

Pour appuyer son point de vue, l'élève peut affirmer que c'est la même quantité de molécules qui réagit dans les deux cas.

Est-ce que les réactifs et les produits sont les mêmes substances ?

Réponse : Non

L'énergie d'activation ne dépend pas seulement de la quantité, mais aussi de l'arrangement des molécules et de la force des liens. Si les produits sont plus stables que les réactifs, l'énergie d'activation de la réaction inverse sera plus grande et vice versa.

Bibliographie

ATKINS, W, P. (2000) *Chimie physique*, Paris, Bruxelles, DeBoeck Université, 1015 p.

BACHAND, L., G. PETIT et P. VANIER (1996). *Chimie 534 : Cahier d'apprentissage*, Montréal, LIDEC, 352 p.

BACHAND, L., G. PETIT et P. VANIER (1996). *Chimie 534 : Manuel de l'élève*, Montréal, LIDEC, 444 p.

BRIEN, R. (1997). *Sciences cognitives, formation*, Sillery, Presses de l'Université du Québec, 254 p.

CREVIER, F. et B. JOSEPH (1994). Laval, Collisions, *Chimie 534: Guide d'enseignement*, Mondia, 280 p.

Programme d'études, secondaire, *Chimie 534 : À la découverte de la matière et de l'énergie*.

SOLOMONS, T.W. G. (1986). *Fundamentals of organic chemistry*, New York, John Wiley & Sons, 1068 p.

Site Internet

<http://Mendeleiev.cyberscol.qc.ca>