
PROJET EUROPEEN CHIMIE

PISTES POUR AMÉLIORER L'APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE

Ce dossier propose d'optimiser l'apprentissage de la chimie en organisant les séquences de cours avec l'appui de stratégies systémiques. Il comprend plusieurs parties :

- Les ambitions du projet
 - Définition
 - Contextualisation à l'apprentissage de la chimie de conduites constructivistes
- Illustrations
 - Série de leçons organisant les débuts de la chimie :
 - La molécule
 - La transformation chimique
 - La réaction chimique
 - L'équation chimique
 - Indices et coefficients
 - La mole et la stœchiométrie
 - La corrosion des métaux pour aborder l'oxydoréduction (extraits du travail de Mr Hautier et Delsate)

Ce dossier propose d'optimiser l'apprentissage de la chimie en organisant les séquences de cours avec l'appui d'animations, de films, de vidéos, de simulations, de métaphores, ..., illustrées sur support informatique.

La chimie s'explique à l'aide de molécules, d'ions et d'atomes, objets inaccessibles aux sens. L'élève doit se construire des représentations de ceux-ci et de leurs comportements. Seules les TICE peuvent proposer non seulement une représentation de ces objets, mais également de leur dynamique.

Ce dossier ne doit pas être considéré comme un objet abouti. C'est un outil de travail permettant à un ensemble de professionnels de réfléchir à leurs pratiques et d'essayer de dégager des pistes fécondes.

AMBITIONS DU PROJET

DÉFINITION

L'épistémologie est l'étude de la constitution des connaissances valides. Elle décline trois époques cernant trois manières d'appréhender le réel, soit successivement :

- Modèle prophétique. « La vérité révélée » (par exemple chez les alchimistes) : on imagine un réel et on essaie de « faire coller les faits » avec cette représentation.
- Modèle déterministe. « La vérité objective » (de Descartes à Comte) : on observe le réel, on expérimente puis on essaie de cerner le réel. Ce modèle postule que le réel est tout entier accessible. La démarche analytique est préconisée.
- Modèle constructiviste. « La vérité construite » (depuis Piaget) : comme pour la vérité objective, on observe le réel, on expérimente puis on essaie de cerner le réel. Cependant, on intègre l'expérimentateur dans le processus.
 - L'observateur est limité par ses sens, ses instruments de mesure et le temps.
 - Il observe avec un projet (le tri repérant les informations pertinentes n'est pas neutre). Il a des pré-acquis, des préconceptions et une forme d'intelligence.
 - La connaissance, mais également l'intelligence (les capacités cognitives) de l'observateur se construisent en observant la dynamique des objets et les interactions entre les objets et lui. Dans ce modèle, le réel dans son entièreté est inaccessible. L'objectif devient la modélisation du réel afin de mener des projets.
 - La démarche systémique est préconisée.

La science moderne est née de la lutte contre la vérité révélée. Les théories créationnistes, par exemple, nous rappellent que ce débat n'est pas clos pour tout le monde. Historiquement, l'identité du scientifique s'est construite à partir de représentations et d'outils issus du modèle positiviste. Renoncer à la vérité objective est un deuil.

La population se représente le scientifique comme le représentant de la vérité objective.

L'approche par compétences et la pédagogie de l'intégration relèvent du modèle constructiviste. L'apprentissage est aujourd'hui une entreprise systémique. Le professeur de sciences est ainsi amené à louvoyer entre deux modèles, selon qu'il privilégie son identité disciplinaire ou didactique. C'est une réelle difficulté car les deux modèles proposent des stratégies souvent opposées.

Approche positiviste	Approche systémique
Le réel est compliqué. Face à un événement, une étude rationnelle doit permettre de prédire son évolution. La science a pour vocation de cerner rationnellement l'ensemble du réel.	Le réel est complexe. Face à un événement on pourra tout au plus répertorier les différentes évolutions possibles et les probabilités attenantes. La science a pour vocation de construire des modèles permettant une gestion intelligente du réel.
Pour appréhender le réel, il faut le décomposer en fragments suffisamment petits que pour permettre une étude exhaustive. La maîtrise de chaque fragment engendre la maîtrise de l'ensemble.	Pour appréhender le réel, il faut le modéliser, c'est-à-dire construire une représentation simplificatrice qui met en évidence les liens et la dynamique du système.
Priorité au raisonnement linéaire, aux séries causales	Priorité au raisonnement non linéaire, aux analogies et aux métaphores

CONTEXTUALISATION À L'APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE DE CONDUITES CONSTRUCTIVISTES

Si on essaie de contextualiser aux disciplines scientifiques les principes issus du paradigme constructiviste, quelles sont les consignes qui émergent ?

1. Les caractéristiques de l'apprentissage.

La séquence est construite de façon à rendre l'apprentissage

- a. constructif : l'élève s'approprié les notions nouvelles parce qu'il les rencontre lors d'activités auxquelles il participe activement.
- b. situé : les notions et procédures sont reliées à des environnements connus de l'élève.
- c. autorégulé : l'élève acquiert de l'autonomie s'il est amené à se placer en posture réflexive, il doit être capable de mener une
 - i. Planification : construction préalable du chemin permettant la gestion de la tâche
 - ii. Régulation : identification des écarts à la procédure établie
 - iii. Adaptation : retour vers une procédure pertinente.
- d. collaboratif : les échanges entre pairs, avec l'enseignant, avec une banque de documents, ..., permettent l'apprentissage.
- e. cumulatif : les nouveaux acquis sont construits sur les précédents. Ils sont liés
 - i. Avec d'autres notions
 - ii. Avec d'autres niveaux de formulation de la même notion
- f. différencié : la séquence présente des approches rencontrant
 - i. les profils de perception
 1. visuels
 2. auditifs
 3. kinesthésiques
 - ii. les profils de motivation
 1. intéressé par le savoir
 2. intéressé par la relation à l'autre
 3. intéressé par l'utilité
 4. intéressé par le fil conducteur du cours

2. Afin de permettre l'interactivité, l'objectif de la séquence est précis :

- a. Qu'est-ce que l'élève doit être capable de **faire** au terme de la séquence ?
 - i. Quels sont les prérequis ?
 - ii. Quelles sont les ressources (S & SF) nouvelles à installer ?
 - iii. Quelle famille de tâches va être « nourrie » par les situations d'apprentissages, d'intégrations et d'évaluations ?

3. Les séquences sont structurées selon le canevas

- a. Lien avec la séquence précédente
- b. Emergence des préconceptions
- c. Appropriation des notions nouvelles
- d. Intégration
 - i. Structuration – modélisation
 - ii. Transfert dans des situations nouvelles

4. L'espace est organisé en niveaux hiérarchiques (exemple, pour un phénomène chimique)
- Dans le champ empirique
- Niveau environnemental : place de l'événement dans l'environnement social, économique, historique, naturel, ..., de l'élève.
 - Niveau macroscopique : ce que je perçois et je mesure (transformation chimique)
- Dans le champ conceptuel
- Niveau microscopique : comportement des espèces chimiques (réaction chimique). L'utilisation des TICE est préconisée pour aider l'élève à se construire des représentations adéquates.
 - Niveau symbolique : langage de chimiste (équation chimique)
5. Le temps est organisé en modules (exemple, pour un phénomène chimique)
- Profil des réactifs : propriétés physiques et chimiques – propriétés utiles à l'événement – espèces chimiques présentes
 - Profil de réaction : comportement standardisé d'une famille de réactifs
 - Gestion de réaction : conditionnement des réactifs – contraintes expérimentales – précautions de sécurité
 - Profil des produits : extraction du produit utile – gestion des déchets
6. Le transfert est travaillé lors de l'apprentissage
- Transfert de bas niveau : démarche de généralisation - une procédure connue (routine) de l'élève est utilisée dans différents contextes.
 - Les difficultés rencontrées sont :
 - Identification de la procédure utile
 - Contextualisation de la procédure
 - Utilisation de la procédure
 - Démarche préconisée :
 - Gérer une situation d'apprentissage et en extraire la procédure
 - Utiliser la procédure pour mener plusieurs situations d'intégrations
 - Transfert de haut niveau : démarche de particularisation – l'élève construit sa gestion de la situation car il n'y a pas de procédure ou celle-ci n'est pas connue de l'élève.
 - Difficulté pour l'élève : il doit comparer une situation cible avec une « banque de situations sources » vues en apprentissage. Comparer = repérer des indices de fond → conceptualiser les invariants
 - Démarche préconisée : casuistique (étude de cas)
 - Modelage puis
 - Guidage puis
 - Coopération puis
 - Autonomie

ILLUSTRATIONS

Dans ce premier groupe de séquences se déclinent les premières leçons de chimie, de la notion de molécule à celle de mole, de la transformation chimique à la stœchiométrie.

Evaluation						
		La molécule	La transformation chimique	La réaction chimique	Indice et coefficients	La mole
apprentissage	Constructif					
	Situé					
	Autorégulé					
	Collaboratif					
	Cumulatif différencié					
Profil	Visuel					
	Auditif					
	kinesthésique					
motivation	Pour faire reculer l'ignorance					
	Parce que c'est utile					
	Ensemble					
	Le long d'un chemin visible					
Canevas	Objectif précis					
	Lien avec la séquence précédente					
	Emergence des préconceptions					
	Phase appropriation					
	Phase d'intégration – structuration					
	Phase d'intégration – transfert bas					
	Phase d'intégration – transfert haut					
Organisation espace	Niveau environnemental					
	Niveau macroscopique					
	Niveau microscopique					
	Utilisation des TICE					
	Niveau symbolique					
Organisation temps	Avant l'événement					
	Pendant l'événement – ce qui unifie					
	Pendant l'événement – ce qui différencie					
	Après l'événement					

LA MOLÉCULE

OBJECTIF

Au terme de la séquence, tu devras être capable de *décrire la matière comme constituée de grains minuscules appelés molécules lors de mélanges, séparations, changements d'états.*

DESCRIPTIF

PRÉREQUIS

Les états de la matière – changement d'état

SAVOIRS À INSTALLER

Molécule, filtration, décantation, chromatographie

SAVOIR-FAIRE À INSTALLER

Suivre un mode opératoire en respectant les consignes

Rédiger un rapport de laboratoire

Réaliser une carte conceptuelle

APPROPRIATION

ACTIVITÉS D'APPROPRIATION

LABORATOIRE

Documents utiles :

Fiches intitulées la filtration, la décantation, la chromatographie, comment se comporter dans un laboratoire de chimie, le rapport de laboratoire. [Voir site.](#)

Déroulement :

1. Réalise des mélanges :
 - a. Entre deux encres de couleur,
 - b. D'eau et sucre,
 - c. D'eau et de café en poudre
 - d. D'eau et d'huile
2. Décris tes observations en respectant les consignes de ton professeur.
3. Consulte les fiches documentaires.
4. Essaie de séparer ce que tu viens de mélanger
5. Rédige le rapport de laboratoire.

Il est intéressant que le laboratoire s'effectue en groupes de trois élèves, chacun des élèves d'un groupe ayant un rôle spécifique

- L'organisateur : dirige l'activité, lit le protocole, fait respecter les consignes
- Le manipulateur : se procure le matériel, effectue l'action, nettoie et range
- Le rapporteur : rédige le rapport de laboratoire

La répartition des rôles dans le groupe change à chaque manipulation.

EXPLOITATION DU LABORATOIRE

Complète la colonne de droite du tableau ci-dessous en indiquant v si l'affirmation est vraie, f si elle est fausse.

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Un liquide peut être un mélange de plusieurs substances différentes ou constitué d'une seule substance. 2. Si un liquide est constitué d'une seule substance, il peut être issu d'un mélange. 3. Certains liquides ne peuvent pas se mélanger pour en former un seul. 4. Si un liquide est constitué d'une seule substance, il peut être fabriqué lors d'un mélange. 5. Certains liquides peuvent se mélanger pour en former un seul. 6. Pour obtenir un mélange, il faut agiter. 7. C'est plus facile de fabriquer un mélange que d'en séparer les différents constituants. 8. Si un liquide est constitué d'une seule substance, il ne peut pas être fabriqué lors d'un mélange. 9. Un liquide est toujours constitué d'une seule substance. 10. Le mélange a des propriétés issues des propriétés des substances à l'origine du mélange. | |
|---|--|

Comment expliquer ces comportements de la matière ?

Métaphores

- Observe ton professeur mélanger des capsules de bouteilles de couleurs différentes.
- Mélange dans ta main de poudres de craies de couleurs différentes.

Hypothèse : une discussion entre les élèves et le professeur amène le postulat : la matière est constituée de grains minuscules appelés molécules.

- Un corps pur est constitué de molécules identiques.
- Les molécules s'attirent différemment selon l'état du matériau (solide, liquide, gaz).
- Des molécules différentes se mélangent si l'attraction entre molécules différentes est plus grande que l'attraction entre molécules identiques.

RÉACTIVATION DE PRÉREQUIS

Tu as appris qu'une substance pouvait être solide, liquide ou gazeuse. Chaque état de la matière a un comportement spécifique. L'hypothèse de l'existence de molécules permet-elle d'expliquer ceux-ci ?

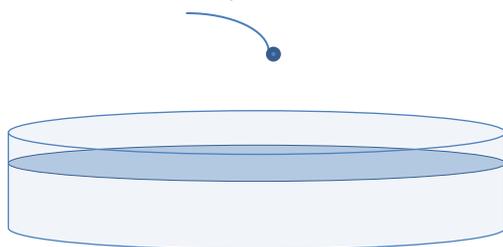
Présentation des animations

Propriété du solide	Il se dilate lorsqu'on le chauffe	Il a une forme et un volume fixe
Comportement des molécules du solide	Schéma réalisé par l'élève	
Propriété du liquide	Il se dilate lorsqu'on le chauffe	Il a un volume fixe et la forme du récipient qui le contient
Comportement des molécules du liquide	Schéma réalisé par l'élève	
Propriété du gaz	Il se dilate lorsqu'on le chauffe	Il a le volume et la forme du récipient qui le contient
Comportement des molécules du gaz	Schéma réalisé par l'élève	

ILLUSTRATIONS

Expérience de Franklin: mesure de la taille d'une molécule d'huile

Complète le schéma de l'expérience



- La démonstration est réalisée par le professeur.
- Une vidéo de l'expérience est disponible sur le site. Un dessin de l'expérience peut être téléchargé.
- L'élève peut, en devoir, recommencer l'expérience à la maison, avec une autre huile que celle utilisée en classe. Le professeur doit alors distribuer à chaque élève un brin de fil de pêche.
- VARIANTE (imaginée par Françoise Mernier). Une autre façon de procéder est de commencer par mesurer la taille d'un grain de couscous. Il suffit de remplir une boîte de pétri d'une monocouche de grains de couscous. La monocouche est un cylindre dont la surface vaut la surface de la boîte et la hauteur est la taille d'un grain de couscous. Ensuite, on verse le contenu de la boîte de pétri dans une burette graduée et on estime le volume. On en déduit la taille moyenne d'un grain de couscous. C'est un raisonnement analogue qui est utilisé dans l'expérience de Franklin.

EXPLOITATION DE LA DÉMONSTRATION

Calculons ensemble la taille d'une molécule d'huile

Volume de la goutte = $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$ = volume de la tache = base \cdot hauteur = $\pi \cdot R'^2 \cdot$ taille molécule

VALIDATION DES HYPOTHÈSES

Relis tes rapports de laboratoire puis complète le tableau ci-dessous

Tableau d'activités			
Observations	Représentation des molécules présentes		
Expériences	Avant l'action	Pendant l'action	Après l'action
Mélange d'encre	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève
Mélange de sucre et d'eau	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève
Mélange de café et d'eau	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève
Chromatographie du mélange d'encre	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève
Distillation de l'eau sucrée	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève
Décantation du mélange eau + café	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève	Schéma réalisé par l'élève

Animation vidéo pour se représenter le mouvement des molécules et leur agglutination.

Conclusion : notre hypothèse n'est contredite par aucune des expériences.

INTÉGRATION – STRUCTURATION DES RESSOURCES

CE QU'IL FAUT RETENIR

STRUCTURATION D'UNE EXPÉRIENCE

Pour comprendre ce qui se passe, il faut s'organiser. Un tableau de synthèse décrit l'action sous plusieurs aspects

- Le déroulement dans le temps : avant – pendant – après l'événement
- L'observation de l'événement : ce qui est perçu ou mesuré
- L'interprétation de l'événement :
 - l'explication qui rend compte des observations
 - sa représentation à l'aide de dessins, symboles,

NOTIONS À MÉMORISER

- La **matière** est constituée de **grains minuscules** appelés **molécules**.
- Ces molécules bougent.
 - Dans un **solide**, elles tournent et vibrent.
 - Dans un **liquide**, elles tournent, vibrent et glissent les unes sur les autres.
 - Dans un solide et un liquide, les molécules s'attirent.
 - Dans un **gaz**, elles se déplacent librement.
- Un **corps pur** est constitué d'une seule sorte de molécules
- Un **mélange** est constitué de plusieurs sortes de molécules.

CARTE CONCEPTUELLE

ACTIVITÉ

Reprends les mots clés de la leçon (en gras dans la rubrique notions ci-dessus). Peux-tu les relier en respectant la consigne

- Une idée = mot clé – verbe → mot clé

Le travail s'effectue par groupe de trois, chaque groupe étant constitué des mêmes élèves que lors des expériences précédentes. Il n'y a pas de rôles attribués.

INTÉGRATION – TRANSFERT DES RESSOURCES

ACTIVITÉ

Interprète le comportement de la matière dans des situations quotidiennes à partir du modèle moléculaire des chimistes. Essaie de décrire les événements ci-dessous en les plaçant dans un tableau d'activités

- Se préparer une tisane
- Dissoudre une aspirine
- Faire de la buée sur une vitre
- Croquer un bonbon

Correction : autocorrection après observation des animations vidéo correspondantes.

LA TRANSFORMATION CHIMIQUE

On appellera transformation chimique la description empirique d'un phénomène chimique

OBJECTIF

Au terme de la séquence, les élèves doivent être capables de distinguer les événements mélanger et séparer des substances d'une part de la transformation chimique d'autre part.

DESCRIPTIF

PRÉREQUIS

Réalisations de mélanges eau/encre, eau/sucre, eau/grenadine, eau/café, eau/huile

Séparations de mélanges filtration, décantation, distillation, chromatographie

Suivre un mode opératoire en respectant les consignes

Rédiger un rapport de laboratoire

http://www.inforef.be/exterieurs/divna/grenadine04_v5_haute02fla.swf

SAVOIRS À INSTALLER

Champ macroscopique : transformation chimique, réactif, produit de réaction, logos de sécurité, phénomène physique, phénomène chimique

SAVOIR-FAIRE À INSTALLER

APPROPRIATION DES RESSOURCES

ACTIVITÉS D'APPROPRIATION

LABORATOIRES

Acide + métal et identification du gaz formé, action d'un acide sur un calcaire et identification du gaz formé, combustion (flamme jaune du bec bunsen), précipitation

Il est intéressant que le laboratoire s'effectue en groupes de trois élèves, chacun des élèves d'un groupe ayant un rôle spécifique

- L'organisateur : dirige l'activité, lit le protocole, fait respecter les consignes
- Le manipulateur : se procure le matériel, effectue l'action, nettoie et range
- Le rapporteur : rédige le rapport de laboratoire

La répartition des rôles dans le groupe change à chaque manipulation.

EXPLOITATION

Avec l'assistance du professeur, la classe

- Classe les événements
 - réalisation de mélanges, séparation de mélanges,
 - transformations chimiques
- Conclut → On peut classer les événements en deux catégories : les phénomènes physiques et chimiques → Etablissement de critères

Grille critériée	Phénomène physique		Transformation chimique
	mélange	séparation	
Apparition de nouveaux composés	non	non	oui
Interprétation possible à l'aide du modèle molécule	oui	oui	non
Propriété du/des substances obtenues	Mélange des propriétés des substances de départ	Propriétés présentes dans le mélange de départ	Propriétés nouvelles

Conclusion : on est obligé d'ajouter une hypothèse à l'existence de la molécule, l'existence d'atomes.

INTÉGRATION – STRUCTURATION DES RESSOURCES

NOTIONS À MÉMORISER

Les molécules peuvent se casser en morceaux plus petits, les atomes.

Lorsqu'on réalise un mélange ou une séparation, on mélange ou on sépare des molécules

Lors d'une transformation chimique, les molécules se cassent et les atomes constitutifs se recombinent autrement.

INTÉGRATION – TRANSFERT DES RESSOURCES

ANIMATION

Vidéos de phénomènes physiques et chimiques spectaculaires ou importants et analyse à l'aide de la grille critériée - Utilisation de la grille critériée pour identifier des transformations chimiques

LA RÉACTION CHIMIQUE

OBJECTIF

Au terme de la séquence, les élèves doivent être capables de modéliser une transformation chimique par une réaction chimique

DESCRIPTIF

PRÉREQUIS

Transformation chimique - molécule

SAVOIRS À INSTALLER

Champ macroscopique : réactif, produit, transformation chimique, corps purs simples et composés

Champ microscopique : réaction chimique, atome, molécule poly atomique, molécule monoatomique

APPROPRIATION DES RESSOURCES

ACTIVITÉS D'APPROPRIATION

LABORATOIRE : Les transformations chimiques de la leçon précédente sont réutilisées.

EXPLOITATION

Un conflit cognitif a émergé à la leçon précédente. Le modèle « la matière est constituée de grains très petits appelés molécules » ne permet pas d'expliquer la transformation chimique. De nouveaux composés apparaissent.

DÉMARCHE D'INVESTIGATION COMMENT ADAPTER NOTRE MODÈLE « MOLÉCULE = GRAIN DE MATIÈRE » POUR QU'IL FONCTIONNE FACE À UN PHÉNOMÈNE CHIMIQUE ?

Documents historiques	Illustrations	Conclusions
Lavoisier bilan des masses	Expérience de précipitation et mesure des masses	La somme des masses des réactifs vaut la somme des masses des produits → Il n'y a ni fabrication, ni disparition de matière.
Dalton postulats de Dalton	<ul style="list-style-type: none">• Métaphore « alcool et sandwich »• Utilisation de la réaction de précipitation pour déterminer si les réactifs réagissent selon des proportions déterminées, en mesurant des hauteurs de précipités.• Animation informatique de la réaction de précipitation	<ul style="list-style-type: none">• Les molécules peuvent se casser en morceaux plus petits, les atomes.• Chaque molécule d'une même substance comporte le même nombre d'atomes de chaque sorte.• Une réaction chimique est un réarrangement des molécules où les atomes des molécules de réactifs se recombinent pour former d'autres molécules.

CONCLUSION

Expérience de précipitation	Déroulement
Observations constatées	Deux liquides incolores fabriquent une poudre blanche
Comportement des molécules	Les molécules se cassent et les atomes se recombinent
schématisation	 Dissous + dissous → dissous insoluble + dissous

INTÉGRATION – STRUCTURATION DES RESSOURCES

SYNTHÈSE

Un phénomène chimique est un événement où des substances changent de nature. On observe des réactifs qui se transforment en produits. L'ensemble des observations du phénomène conduit à une description appelée transformation chimique. Les chimistes interprètent le phénomène à l'aide du modèle de la réaction chimique. Les molécules sont constituées d'atomes. Elles se cassent et se recollent. Une réaction chimique est un réarrangement moléculaire.

INTÉGRATION – TRANSFERT DES RESSOURCES

En comparant une expérience et son animation informatique, décrire l'événement afin de montrer la pertinence du modèle.

MÉTAPHORE ALCOOL ET SANDWICH

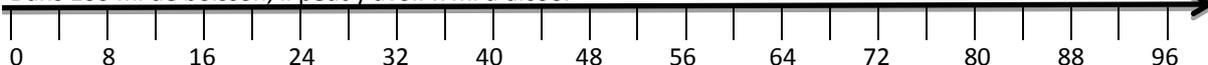
Deux « lois »

Alcool + liquide → boisson

pain + jambon + fromage → sandwich

Alcool + liquide → boisson

Dans 100 ml de boisson, il peut y avoir x ml d'alcool



Bière vin porto genièvre whisky vodka saké rhum alcool pur

On peut ajouter n'importe quelle quantité d'alcool au liquide, on obtiendra toujours une boisson.

pain + jambon + fromage → sandwich

Ici, si j'achète aléatoirement un certain nombre de tranches de chacun des produits, j'obtiendrai un certain nombre de sandwiches et des restes.

Les réactions chimiques obéissent à des lois proportionnelles comme la fabrication de sandwiches.

[Utiliser l'animation informatique projetée à la classe.](#)

<http://www.inforef.be/exterieurs/divna/graph02.swf>

XVIIIÈME SIÈCLE, ANTOINE DE LAVOISIER.

En 1789 Traité élémentaire de chimie

1. « le raisonnement qui est de nous et qui seul peut nous égarer, nous devons le mettre continuellement à l'épreuve de l'expérience, ne conserver que les faits qui sont que des données de la nature et qui ne peuvent nous tromper ; ne chercher la vérité que dans l'enchaînement naturel des expériences et des observations ».
2. Définition des corps purs
3. Bilan de matière. « on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes [éléments] est la même et qu'il n'y a que des changements, des modifications. C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences de chimie : on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par analyse ».

[Exploitation de sites](#)

XIXÈME SIÈCLE, DALTON

Il a le souci de vérifier les idées par des expériences minutieuses quantitatives et d'avoir montré que de nombreux résultats expérimentaux peuvent être rassemblés en un nombre limité de lois générales sur le comportement de la matière.

Postulats

1. La matière est constituée d'atomes indivisibles
2. Les atomes d'éléments différents ont des masses différentes
3. Les atomes se combinent dans des rapports simples pour former des composés

Loi des proportions définies

Pour un composé donné, les éléments qui le constituent sont toujours combinés dans les mêmes proportions pondérales, quels que soient l'origine ou le mode de préparation de ce composé. → Chaque molécule contient le même nombre d'atomes de chaque élément constituant.

Loi des proportions multiples

Si deux éléments forment plus d'un composé, les différents poids de l'un qui se combinent avec le même poids de l'autre sont dans un rapport simple de nombres entiers.

[Exploitation de sites](#)

INDICES ET COEFFICIENTS

OBJECTIF

Au terme de la séquence, les élèves doivent être capables

- d'écrire une équation chimique
- d'expliquer les nombres présents dans une formule moléculaire et dans une équation chimique.

DESCRIPTIF

PRÉREQUIS

Un phénomène chimique est un événement où des substances changent de nature. On observe des réactifs qui se transforment en produits. L'ensemble des observations du phénomène conduit à une description appelée transformation chimique. Les chimistes décrivent le phénomène à l'aide du modèle de la réaction chimique. Les molécules sont constituées d'atomes. Elles se cassent et se recollent. Une réaction chimique est un réarrangement moléculaire.

SAVOIRS À INSTALLER

Champ symbolique : indices, coefficients, symboles chimiques, formule moléculaire, équation chimique

SAVOIR-FAIRE À INSTALLER

APPROPRIATION DES RESSOURCES

ACTIVITÉ

DÉMARCHE D'INVESTIGATION : COMMENT DÉTERMINER DANS UNE RÉACTION CHIMIQUE LES INDICES DES MOLÉCULES ET LES COEFFICIENTS STœCHIMÉTRIQUES DE LA RÉACTION ?

Documents historiques	Illustrations	Conclusions
Gay Lussac Avogadro Berzelius	Expériences Fontaine magique Électrolyse de l'eau Vidéo dihydrogène + dichlore → chlorure d'hydrogène	Hypothèse : dans une réaction en phase gazeuse, les volumes des réactifs et des produits sont dans des proportions identiques aux nombres de molécules impliquées. → Indices moléculaires et coefficients stœchiométriques → Équation chimique

GÉNÉRALISATION

Aujourd'hui, la communauté des chimistes exprime

Nombre de recombinaisons d'un atome = valence *métaphore des mains*

Liens asymétriques → valence devient nombre d'oxydation *métaphore main/poignée*

INTÉGRATION – STRUCTURATION DES RESSOURCES

STRUCTURATION DE CHAQUE EXPÉRIENCE

Réalisation d'expériences et, à l'aide des informations présentes sur les étiquettes des différentes substances, compléter le tableau

Nom de l'expérience	Avant	Après
Transformation chimique Qu'observe-t-on ? Que mesure-t-on ?		
Réaction chimique Comment se comportent les molécules ?		
Equation chimique pondérée Comment écrire cet événement ?	→	

ANIMATION

Animation informatique illustrant la réaction chimique

CARTE CONCEPTUELLE

INTÉGRATION – TRANSFERT DES RESSOURCES

Exercices

- repérage des proportions dans une formule moléculaire
- de pondérations d'équations

HISTOIRE DE LA CHIMIE

GAY LUSSAC PUIS AVOGADRO

Un examen des réactions à l'état gazeux montre que les volumes gazeux qui se combinent, mesurés dans des conditions de température et de pression constantes, sont dans des rapports simples. Hypothèse : un même volume de gaz, dans des conditions identiques de température et de pression, contient un même nombre de molécules.

CANNIZZARO

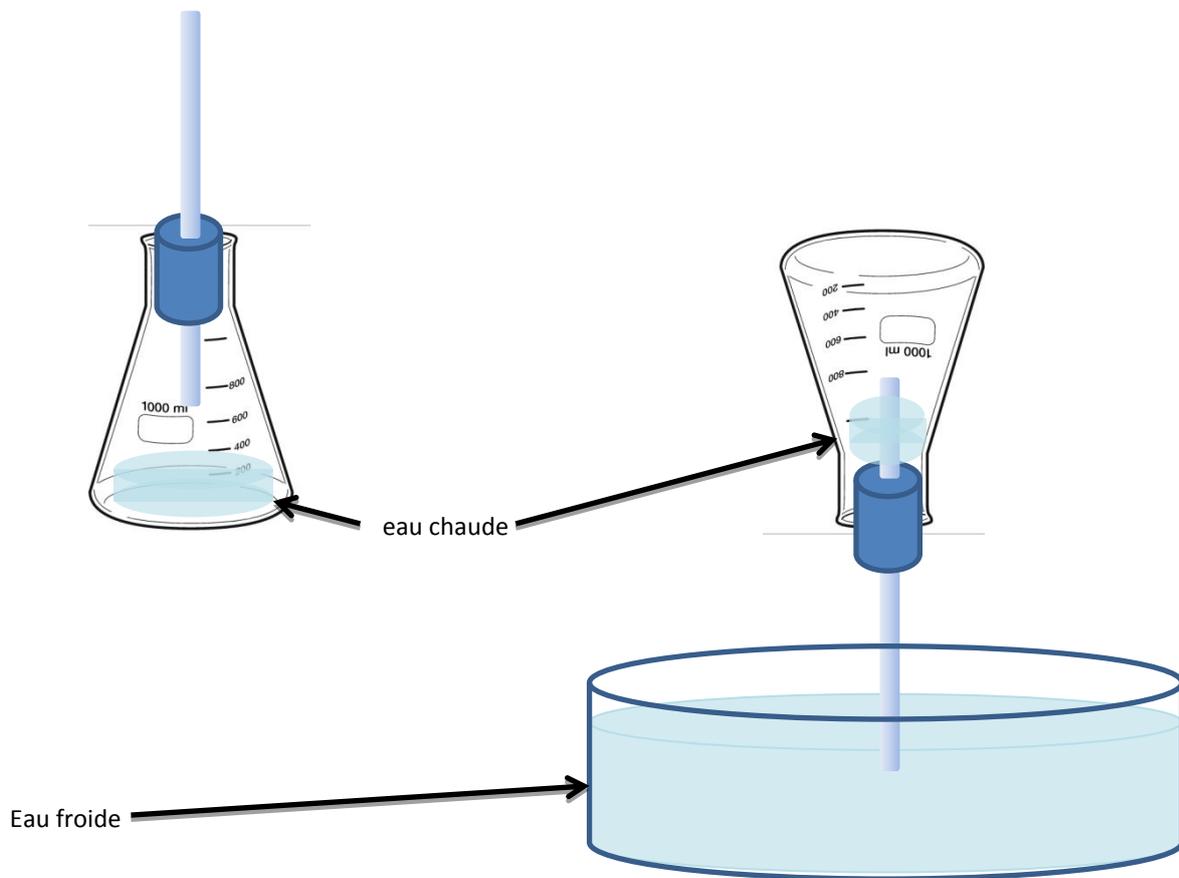
Reprenant l'hypothèse de Gay Lussac et l'idée qu'une molécule doit contenir un nombre entier d'atomes de chacun des éléments qui la constitue, il peut mesurer des masses atomiques et moléculaires relatives.

BERZELIUS

Symboles atomiques et formules moléculaires

FONTAINE MAGIQUE

Expérience



En se refroidissant, l'air voit sa pression diminuer. La pression atmosphérique pousse l'eau froide dans l'erenmeyer. L'eau froide remplit pratiquement tout l'erenmeyer, ne laissant qu'une petite bulle. [La grande réduction du volume d'air sous l'effet d'une petite diminution de température tend à montrer qu'un gaz, c'est surtout du vide.](#)

LA MOLE & LA STœCHIOMÉTRIE

OBJECTIF

Au terme de la séquence, les élèves doivent être capables de résoudre une stœchiométrie simple

DESCRIPTIF

PRÉREQUIS

équation chimique, coefficient, indice, valence/nombre d'oxydation, règle de trois

SAVOIRS À INSTALLER

Champ macroscopique : mole

Champ microscopique : mole, masse atomique relative, masse moléculaire relative

SAVOIR-FAIRE À INSTALLER

pondérer une équation

calculer une masse molaire

APPROPRIATION DES RESSOURCES

ACTIVITÉS D'APPROPRIATION

MÉTAPHORE

[« stylos et capuchons »](#)

Cannizzaro

Reprenant l'hypothèse de Gay Lussac et l'idée qu'une molécule doit contenir un nombre entier d'atomes de chacun des éléments qui la constitue, il peut mesurer des masses atomiques et moléculaires relatives.

EXPLOITATION

Notions de masse atomique relative, masse moléculaire relative

Notion de mole

DÉCOUVERTE DE LA STœCHIMÉTRIE

Je décèle le comportement d'un phénomène chimique simple

	Avant	Pendant	Après
J'observe			
J'imagine le comportement des molécules et des atomes (qualitativement et quantitativement)			
Je traduis dans une équation chimique pondérée			

Je rédige un texte traduisant l'équation pondérée en une description du phénomène en termes de moles puis de grammes.

	Avant	Après
Équation chimique pondérée		
Écriture d'une phrase décrivant le phénomène en termes de moles		
Écriture d'une phrase décrivant le phénomène en termes de grammes		

INTÉGRATION – STRUCTURATION DES RESSOURCES

Synthèse

- tracé des étapes de résolutions d'un problème de stœchiométrie
- constitution d'un lexique reprenant les définitions des notions rencontrées depuis le début de l'année.

INTÉGRATION – TRANSFERT DES RESSOURCES

EXERCICES DE STœCHIMÉTRIE

1. Modelage
2. Guidage
3. Collaboration
4. autonomie

MÉTAPHORE STYLOS ET CAPUCHONS

Soit la réaction stylo \rightarrow capuchon + stylo nu

Le professeur prend une grande quantité de stylos. Il enlève chaque capuchon et les place dans un sachet. Il place les stylos restants dans un autre sachet et il pèse les deux sacs.

Conclusions

On ne sait pas

1. la masse d'un stylo nu
2. la masse d'un capuchon
3. le nombre de stylos nus
4. le nombre de capuchons

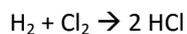
On peut affirmer

1. qu'il y a le même nombre de stylos que de capuchons dans les sacs.
2. Que la masse du stylo vaut x fois la masse du capuchon
3. Que $x = \text{masse sac de stylos nus} / \text{masse sac de capuchons}$

On peut prévoir

Si on me fournit un sac de capuchons et une balance, je peux fournir un sac contenant le même nombre de stylos nus ou de stylos complets

Reprise du même raisonnement avec la réaction



Comment savoir pour un phénomène chimique quelle est la réaction chimique ? Autrement dit comment savoir si à 1 stylo nu correspond 1 ou 2 ou 3 capuchons ?

Hypothèse de Cannizzaro un même volume de gaz dans les mêmes conditions contient un même nombre de particules.



Puis électrolyse de l'eau et ainsi, de proche en proche, on peut trouver les indices et les formules moléculaires

Dans ce second groupe de séquences se déclinent des leçons autour de l'oxydoréduction.

		1ère partie	2 ^{ème} partie
apprentissage	Constructif		
	Situé		
	Autorégulé		
	Collaboratif		
	Cumulatif		
Profil	différencié		
	Visuel		
	Auditif		
motivation	kinesthésique		
	Pour faire reculer l'ignorance		
	Parce que c'est utile		
	Ensemble		
Canevas	Le long d'un chemin visible		
	Objectif précis		
	Lien avec la séquence précédente		
	Emergence des préconceptions		
	Phase appropriation		
	Phase d'intégration – structuration		
	Phase d'intégration – transfert bas		
Phase d'intégration – transfert haut			
Organisation espace	Niveau environnemental		
	Niveau macroscopique		
	Niveau microscopique		
	Niveau symbolique		
Organisation temps	Avant l'événement		
	Pendant l'événement – ce qui unifie		
	Pendant l'événement – ce qui différencie		
	Après l'événement		

LA CORROSION DES MÉTAUX

1^{ÈRE} PARTIE : APPROPRIATION DES CONCEPTS FONDAMENTAUX LIÉS À L'OXYDORÉDUCTION

1. Présentation de documents décrivant des exemples de corrosion

Objectifs

- La lecture commentée des documents permet à l'élève d'identifier l'ampleur du phénomène.
- Le professeur peut faire émerger les préconceptions de l'élève
- Le professeur peut compléter en
 - demandant aux élèves des exemples pris dans leur vie quotidienne
 - présentant divers objets corrodés.

Documents

« La corrosion est un problème industriel important : le coût de la corrosion, qui recouvre l'ensemble des moyens de lutte contre la corrosion, le remplacement des pièces ou ouvrages corrodés et les conséquences directes et indirectes des accidents dus à la corrosion, est estimé à 2% du produit brut mondial. Chaque seconde, ce sont quelques 5 tonnes d'acier qui sont ainsi transformées en oxydes de fer. »

Wikipédia

« Des objets en fer rouillent et, au bout d'un certain temps, ils sont complètement détériorés : le fer a été rongé, le processus est progressif et ne s'arrête pas. Des objets en cuivre se recouvrent d'une pellicule de vert de gris. Des toitures en zinc ou des menuiseries en aluminium perdent de leur éclat. Des bijoux en or ne subissent aucune altération. Les métaux ne se comportent pas de la même façon en présence de l'air atmosphérique. Le fer est attaqué et se transforme en oxyde de fer que l'on appelle la rouille. C'est le phénomène de corrosion. Non seulement le fer est attaqué en surface, mais l'attaque se poursuit en profondeur et finit par détruire complètement le fer. Le cuivre, le zinc et l'aluminium subissent aussi l'action des agents atmosphériques : il se produit une corrosion qui, en recouvrant la surface de l'objet, finit par protéger le métal. Quant à l'or, l'air n'a pas d'action sur lui. »

Physique, chimie Michel Chevalet Collège Editions de la cité

Le procès en appel du naufrage de l'Erika, ouvert depuis le 5 octobre à Paris, s'achève ce mercredi 18 novembre, après sept semaines d'audience.

Le naufrage de ce pétrolier il y a dix ans avait, rappelons-le, provoqué le déversement de plus de 20.000 tonnes de fioul qui avaient souillé 400 kilomètres de côtes en Bretagne et mazouté plus de 150.000 oiseaux. Total, l'affrètement de l'Erika, avait été condamné en janvier 2008, à 375.000 euros pour "faute d'imprudence", tout comme la société italienne Rina. Le propriétaire du navire et son gestionnaire avaient de leur côté été condamnés à 75.000 euros pour "faute caractérisée".

Selon l'AFP, Total, accusé d'imprudence, maintient que la corrosion de l'Erika constituait un "vice caché" que ses propres contrôles ne pouvaient révéler, et rejette la responsabilité sur Rina, qui a délivré les certificats de navigabilité. Or le parquet général a requis le 10 novembre la confirmation des peines d'amende maximales infligées en première instance pour Total, Rina (375.000 euros chacune), MM. Savarese et Pollara (75.000 euros chacun). Il a également demandé une amende de 375.000 euros pour une filiale de Total relaxée en première instance, Total Petroleum Services (TPS), "l'affrètement de

fait de l'Erika".

Le parquet général a par ailleurs estimé que les prévenus sont "responsables du préjudice écologique, dont on (leur) demande réparation à juste titre". Rappelons qu'en première instance, Total SA, les deux armateurs et l'entreprise Rina avaient également été condamnés à verser solidairement 192 millions d'euros de dommages et intérêts aux parties civiles dont environ 170 millions auraient déjà été versés. Aux côtés de La Ligue de protection des oiseaux (LPO), seul le département du Morbihan avait obtenu en première instance la notion de "préjudice écologique" à hauteur de 1.015.066 euros tandis que 300.000 euros avaient été accordés à la LPO. D'autres collectivités qui n'avaient pas obtenu d'indemnisation, notamment les régions Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes, y prétendent et réclameraient en appel 30 millions d'euros chacune à ce titre, pour aider à financer un projet de recherche sur la biodiversité.

A l'issue d'une journée consacrée à la défense de la société de classification Rina et aux dernières prises de parole des prévenus, le président de la cour, Joseph Valantin, devrait mettre la décision en délibéré au printemps prochain.

Rachida Boughriet

http://www.actu-environnement.com/ae/news/Erika_fin_proces_appel_paris_8884.php4

Le stade du Crossing fermé depuis mardi.

Le stade du Crossing à Schaerbeek a dû être fermé, en cause : les éléments métalliques contenus dans la structure des tribunes et attaqués par la corrosion.

Le Soir, 10 septembre 2003.

Assainissement de la station service de Verlaine

En 1996, la station service de Verlaine sur l'E42 en direction de Liège avait été le théâtre d'une fuite de diesel due à la corrosion d'une conduite souterraine. La perte fut évaluée à 40 000 l. 4000 m³ de terre et 1500 d'eau sont pollués.

La Libre Belgique 13 mars 2003

L'Erika était bien un bateau poubelle

Le naufrage du pétrolier maltais Erika le 1^{er} décembre 1999 au large des côtes bretonnes est imputable à une défaillance de la structure du navire provoquée par une insuffisance d'entretien et la corrosion.

La Libre Belgique 19 décembre 2000

Ghislenghien, une catastrophe à deux inconnues

Pourquoi cette conduite a-t-elle subi une fuite ? Plusieurs pistes se dégagent. La thèse qui est aujourd'hui privilégiée relève de l'agression extérieure. La deuxième cause évoquée par l'expert est l'usure de la conduite : certains gaz peuvent se révéler assez agressifs pour provoquer une corrosion de l'acier.

Le Soir, 10 septembre 2003

Marée noire dans le jardin

Quelques milliers de citernes en Belgique présenteraient un problème d'étanchéité dû à la corrosion des parois. Est-ce grave ? assurément, si on se place du strict point de vue de la protection de l'environnement. Mais une fuite peut également entraîner de fâcheuses conséquences financières pour le propriétaire de la citerne : les coûts d'assainissement d'un sol pollué peuvent dépasser les 10 000 €.

Le Soir 23 août 2003

Attention aux allergies !

Les pièces de 1 et 2 euros, avec une pilule centrale cerclée d'un anneau, est responsable de cette émission prononcée de nickel : jusqu'à 320 fois plus que les quantités tolérées. Les alliages jaune et blanc contiennent des quantités différentes de nickel, cuivre et zinc, ce qui encourage le processus de corrosion alors que les ions métalliques passent d'un alliage à l'autre durant un contact prolongé avec la sueur de la paume. Ce processus de corrosion altère d'ailleurs à terme la couleur des pièces.

La Libre Belgique 12 septembre 2002

2. Approche du phénomène de corrosion au laboratoire

Objectifs

- Puisque la corrosion est une altération du métal, essayons de la reproduire en laboratoire.
- Premières définitions :
 - une corrosion est une oxydation du métal par l'oxygène.
 - L'oxygène est un oxydant, il gagne des e-.
 - Le métal est un réducteur, il perd des e-.
 - Le nombre d'oxydation

Niveaux hiérarchiques

- Transformation chimique
- Réaction chimique
- Équation chimique

Modules

Profil des réactifs

Profil de réaction

Gestion de la réaction

Gestion des produits

Étude de la corrosion dans l'agar-agar

Philippe DELSATE, INDSé, Bastogne, Belgique

Pierre Hautier, scienceinfuse UCL

La corrosion est une réalité qu'il convient d'aborder dans un cours de chimie consacré aux réactions d'oxydo-réduction. Si les élèves ne doivent pas préparer eux-mêmes les réactifs, une période de laboratoire devrait suffire. La corrosion du fer sera étudiée par la mise en évidence des ions Fe^{2+} et OH^- . Pour éviter une migration trop rapide de ces ions, les réactions seront réalisées en milieu solide (agar-agar ou gélatine). Le milieu solide permet d'analyser les résultats expérimentaux le lendemain (ou dans d'autres classes).

L'eau utilisée dans les diverses solutions est toujours de l'eau déminéralisée.

TESTS D'IDENTIFICATION

a. Fe + H₂O et identification des ions

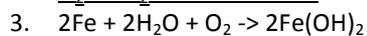
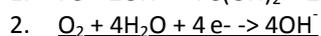
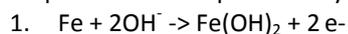
Identification de l'ion Fe^{2+} : précipitation verdâtre avec NaOH.

Identification de l'ion Fe^{3+} : précipitation orangée avec NaOH.

Dans une éprouvette, dissolvez un peu de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ avec quelques mL d'eau. Dans une 2e éprouvette, dissolvez un peu d'un sel de Fe(II) avec quelques mL d'eau. Ajoutez-y quelques gouttes de la solution de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ et notez vos observations.

Nous mettrons aussi en évidence un milieu basique par la phénolphtaléine qui y devient mauve.

Pour le professeur - Etapes de l'oxydation du fer



Le dioxygène de l'air oxyde ensuite le $\text{Fe}(\text{OH})_2$ en oxyde de fer (III) hydraté $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Cet oxyde réagit ensuite avec le fer pour former la magnétite Fe_3O_4 .

Dans une éprouvette, dissolvez un peu de $K_3Fe(CN)_6$ avec quelques mL d'eau. Dans une 2^e éprouvette, dissolvez un peu d'un sel de Fe(II) avec quelques mL d'eau. Ajoutez-y quelques gouttes de la solution de $K_3Fe(CN)_6$ et notez vos observations. Dans une 3^e éprouvette, dissolvez un peu d'un sel de Zn avec quelques mL d'eau. Ajoutez-y quelques gouttes de la solution de $K_3Fe(CN)_6$ et notez vos observations. Nous mettrons aussi en évidence un milieu basique par la phénolphthaléine qui y devient mauve.

PREPARATIONS

Préparation du milieu expérimental

Portez à ébullition 250 mL d'eau ; dissolvez-y petit à petit 4,0 g d'agar-agar ; laissez bouillir jusqu'à ce que la solution soit claire.

Au reste de la solution, ajoutez 0,2 g de phénolphthaléine, 0,2 g de $K_3Fe(CN)_6$ et 7 g de NaCl. Pré-pesés, les solides sont réunis dans un crachoir.

Attention ! En début d'ébullition, la solution mousse : il faut impérativement l'enlever de la plaque chauffante. Éteignez-la. La chaleur résiduelle servira à maintenir la solution d'agar-agar chaude pendant la préparation.

Préparation des autres clous

Décapez une rognure de zinc ; séchez-la et enroulez-la autour du milieu d'un clou en fer.

Pliez un clou en fer en son milieu à l'aide d'une pince.

Donnez un trait de scie dans un clou en fer.

ETUDE DE LA CORROSION

Préparez la 4^{ème} boîte comme suit. Cassez une mine de crayon de manière à obtenir deux petits morceaux de la hauteur d'une boîte de Pétri. Maintenez ces deux morceaux verticalement de part et d'autre de la boîte avec deux pinces crocodile. Le graphite servira d'électrode inerte. Les pinces crocodile ne doivent pas pénétrer profondément dans la boîte.

Versez 1/2 cm de la solution d'agar-agar dans chaque boîte de Pétri. Attendez quelques minutes. Attention : dans la 4^{ème} boîte, les pinces crocodile ne doivent pas entrer en contact avec l'agar-agar. Un peu avant la solidification, placez dans les boîtes les divers clous sans qu'ils entrent en contact les uns avec les autres.

- boîte 1 : 1 clou en fer
- boîte 2 : 1 clou en fer plié en son milieu
- boîte 3 : 1 clou en fer entamé par un trait de scie

Pour un usage ultérieur

- boîte 4 : 1 clou en fer décapé et protégé par une rognure de Zn (protection anodique ou métal piège)
- boîte 5 : 1 clou en fer ; raccordez 2 fils au générateur de courant continu et plantez l'autre extrémité de ces fils dans le gel, assez loin du clou.

Patientez quelques minutes et notez vos observations sur le tableau ci-dessous. Vous pouvez également tenter de prévoir les réactions dans les différentes boîtes...

Structuration en classe

	Avant	Pendant		Après la réaction
		Commun dans chaque boîte	Spécifique à une boîte	
Transformation chimique				
Réaction chimique				
Equation chimique				

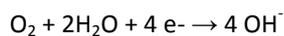
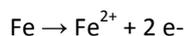
Transformation chimique

La corrosion est une réaction du métal avec l'oxygène. Le métal est oxydé. L'oxygène de l'air est oxydant.

Réaction chimique

Les atomes du métal perdent des e⁻ au profit des atomes de l'oxygène.

Equation chimique



Le nombre d'oxydation

Nombre d'oxydation : charge fictive obtenue par des règles conventionnelles simples. « Dans un composé covalent de structure connue, le nombre d'oxydation de chaque atome d'un élément est la charge restant sur cet atome quand chaque paire d'e⁻ partagée est attribuée complètement au plus électronégatif des atomes qui la mettent en commun. Une paire d'e⁻ partagée par deux atomes du même élément est généralement coupée en deux » Pauling.

L'oxygène fixe des e⁻, c'est un oxydant

Une oxydoréduction est une réaction avec transfert d'e⁻.

3. Généralisation : les réactions d'oxydoréduction.

Objectif

Élargir les définitions à des phénomènes chimiques ne relevant pas de la corrosion des métaux par l'oxygène.

Niveaux hiérarchiques

Transformation chimique

Réaction chimique

Equation chimique

Modules

Profil des réactifs

Profil de réaction

a. Expériences

→ Glycérine + KMnO_4 (en paillettes et en poudre)

→ Sucre + H_2SO_4

→ Volcan ($\text{Fe} + \text{C} + \text{KMnO}_4$)

Placer dans un creuset une part de limaille de fer, une part de charbon de bois broyé finement et une part de KMnO_4 . Chauffer le creuset.

b. Interprétation

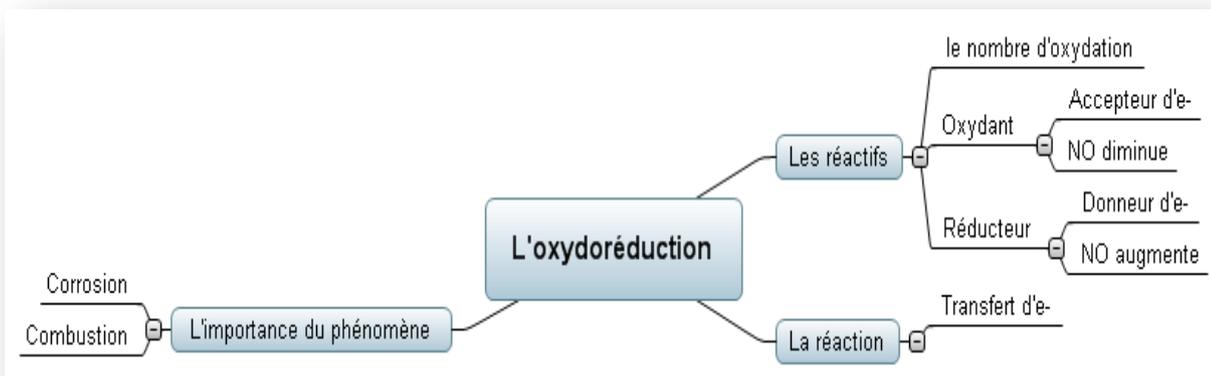
→ Écrire les équations des différents phénomènes

→ Y-a-t'il transfert d'e- ?

→ Rédiger une synthèse

Carte

conceptuelle



2^{ÈME} PARTIE : MAÎTRISE DE LA RÉACTION D' OXYDORÉDUCTION

Objectifs

Comment le chimiste parvient-il à limiter les dégâts dus à la corrosion ?

Notions de couples d'oxydoréductions, leur force

Problèmes liés à la gestion de la réaction

Niveaux hiérarchiques

Réel hors laboratoire

Transformation chimique

Réaction chimique

Equation chimique

Modules

Impacts

Profil des réactifs

Profils de réaction

Gestion de la réaction

Profils de réactions où les chimistes améliorent la situation

1. Description de solutions limitant la corrosion : l'électrode sacrificielle

Protection des canalisations : une canalisation souterraine en fer est reliée par un fil de cuivre à un bloc de Mg (ou de Zn) situé en surface à l'abri des intempéries. Lorsqu'un atome de fer de la canalisation est oxydé, l'ion ferreux formé prend 2 électrons au magnésium et régénère le fer. Ainsi, la canalisation ne s'abîme pas, il suffit de remplacer régulièrement le bloc de Mg (ou de Zn)

Protection des bateaux : la protection des bateaux est basée sur le même principe. Un bloc de Mg est rivé à la coque et disparaît peu à peu.

Expérience : clou + tournures de zinc voir ci-dessus

Visualisation du phénomène : plongez un taille-crayon métallique dans de l'eau légèrement salée. Très rapidement, on voit apparaître dans le fond du récipient un dépôt blanc (hydroxydes de Mg et de Al) ; le taille-crayon est fortement attaqué mais la lame reste intacte !

2. Utilisations utiles de réactions d'oxydoréduction

UNE PILE DANS L'AGAR AGAR

Matériel : 2 éprouvettes ; 1 électrode de cuivre (fil partiellement dénudé) ; 1 électrode de zinc (lamelle de zinc) ; la solution d'agar-agar.

À l'aide d'une pipette, prélevez 1 mL de la solution de CuSO_4 0.1 mol/L et versez-le dans une éprouvette. Ajoutez-y 11 mL de la solution d'agar-agar et plongez-y l'électrode de cuivre (cette électrode peut servir à homogénéiser le mélange). Laisser solidifier.

À l'aide d'une pipette, prélevez 1 mL de la solution de ZnSO_4 0.1 mol/L et versez-le dans une deuxième éprouvette. Ajoutez-y 11 mL de la solution d'agar-agar. Agitez pour mélanger. Versez le contenu sur la solution de ZnSO_4 solidifiée et plongez-y l'électrode de zinc. Laisser solidifier.

Raccorder les 2 fils à un appareil électrique (moteur, carte musicale, voltmètre...).

L'évolution des électrodes peut être observée au cours du temps

Expérience réalisation d'un accumulateur au $ZnBr_2$

Expérience accumulateur $Fe^{2+}/Fe^{3+}/I^-/I_2$

3. Généralisation

Conceptualisation des notions de

- i. Couple oxydant/réducteur
- ii. force d'un couple
- iii. pile

4. Conclusions

- a. Réversibilité de ces réactions
- b. Couples d'oxydoréduction
- c. Potentiel des couples oxydo-réducteurs
- d. Echelle d'oxydoréduction

4. La gestion de la réaction

Chaque expérience a ses spécificités

- e. Expériences possibles
 - i. $Cu+HCl$, $Cu+NaNO_3$, $Cu+HNO_3$
 - ii. Passivation
 - iii. $KMnO_4$ (poudre ou paillettes) + glycérine
 - iv. Zn (pur ou pas) + H_2SO_4 (concentré ou dilué)
 - v. Microchimie bulles explosives $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$
- f. Exemples d'influence du milieu réactionnel
 - i. Actions conjointes de plusieurs ions
 - ii. État physique des réactifs
 - iii. Pureté et concentration des réactifs
 - iv. Énergie d'activation et cinétique de réaction

5. Carte conceptuelle

