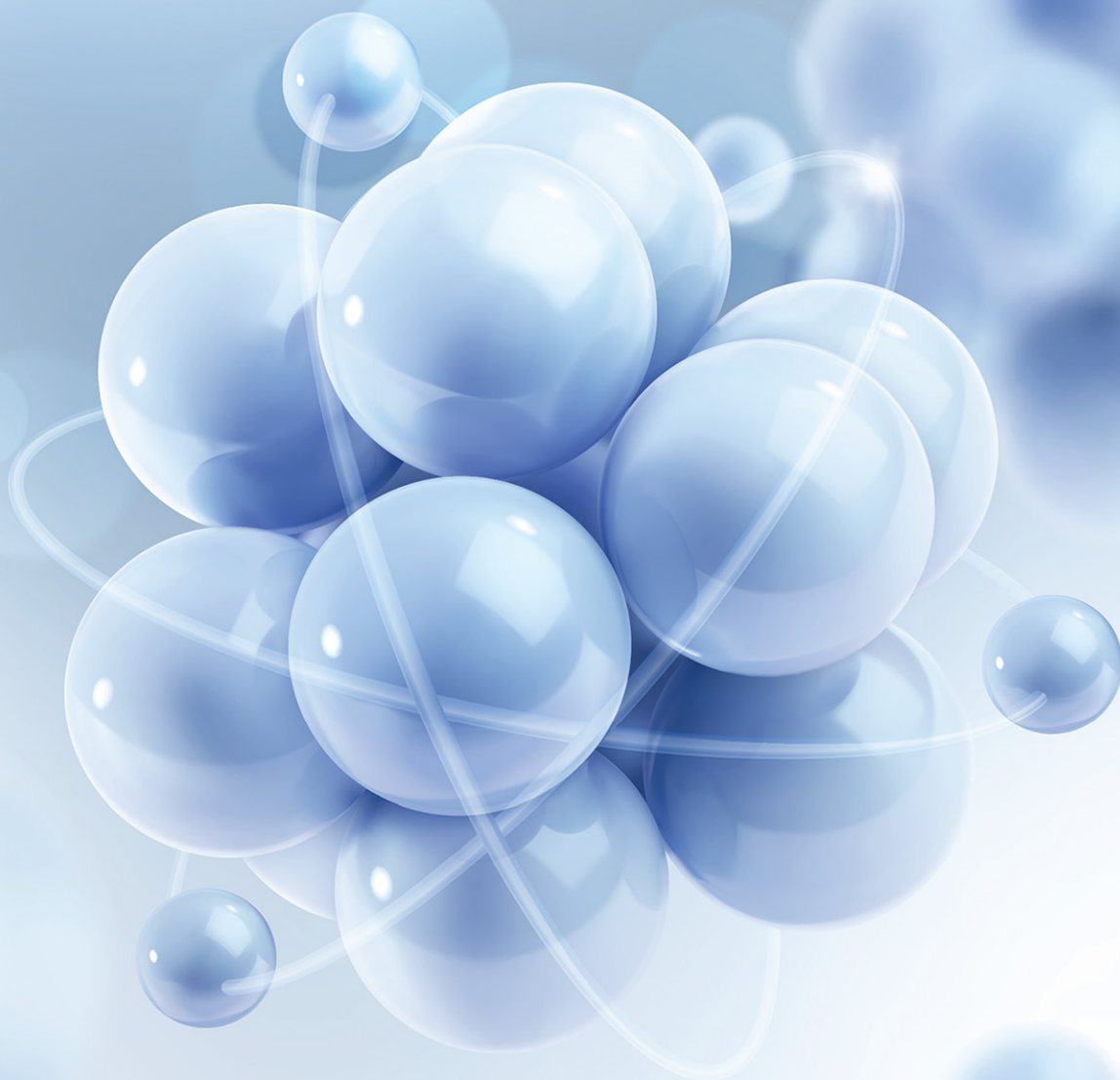


Pour la classe de

10^e

**Chimie
et protection de
l'environnement**

Nelly Raycheva



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА

„Разработване на учебни помагала за обучение по общообразователни учебни предмети на чужд език, оценяване и одобряване на проекти на учебни помагала за подпомагане на обучението, организирано в чужбина, на проекти на учебници и на проекти на учебни комплекти“

МОДУЛ

„Разработване на учебни помагала за обучение по общообразователни учебни предмети на чужд език“

10. Химия и опазване на околната среда на френски език

Учебно помагало

Разработено от авторски екип към 4. езикова гимназия „Фредерик Жолио-Кюри“ - Варна

АЗ·БУКИ

Национално издателство за образование и наука

Химия и опазване на околната среда за 10. клас на френски език

Учебно помагало, разработено от авторски екип
към 4. езикова гимназия „Фредерик Жолио-Кюри“ - Варна, 2021 г.

Автор на текста: Нели Райчева, 2021 г.

Научен консултант: проф. д-р Адриана Тафрова-Григорова, 2021 г.

Езиков консултант: Наталия Иванова, 2021 г.

Координатор: Снежана Панайотова, 2021 г.

Автор на графичния дизайн: инж. Дарина Атанасова, 2021 г.

С експертното съдействие на Френския институт в България

Национално издателство за образование и наука „Аз-буки“

1113 София, бул. „Цариградско шосе“ 125, бл. 5,
тел. 02/4250470; E-mail: azbuki@mon.bg; web: www.azbuki.bg; www.azbuki.eu

Първо издание, 2021 г.

Формат: 210x280 мм; 140 страници

e-ISBN: 978-619-7065-90-9

« Je suis de ceux qui pensent que la science est d'une grande beauté. Un scientifique dans son laboratoire est non seulement un technicien: il est aussi un enfant placé devant des phénomènes naturels qui l'impressionnent comme des contes de fées. »

Marie Curie

Sommaire

I. Particularités (caractéristiques) des transformations chimiques6

1. Aspect énergétique des transformations chimiques.....7
2. Thermochimie, culture physique9
3. Vitesse des processus chimiques.....14
4. Les enzymes.....25
5. Équilibre chimique.....33

II. Solutions et réactions chimiques en solutions aqueuses39

6. Dissolution. Solubilité40
7. Propriétés colligatives des solutions46
8. Dissociation électrolytique49
9. La conductivité électrique des solutions51
10. Dissociation de l'eau. pH.....52
11. Acides, bases et sels58
12. Réactions chimiques entre solutions aqueuses d'électrolytes.....63
13. Hydrolyse des sels68
14. Processus d'oxydoréduction69
15. Processus d'oxydoréduction en solutions aqueuses.....72

III. Types de processus chimiques. Classement des espèces chimiques..79

16. Types de processus chimiques80
17. Classification des composés minéraux83
18. Classification des composés organiques87

IV. Chimie des matériaux	90
19. Les matériaux.....	91
20. Métaux et alliages	96
21. Matériaux silicates. Céramique et verre.	100
22. Caoutchouc	104
23. Matériaux composites organiques	109
V. Protection de l'environnement	111
24. Polluants de l'air, de l'eau et du sol.....	112
25. Mesures de protection de l'environnement.....	123
26. Dureté de l'eau.....	125
Българо-френски химически речник за помагалото	128
Dictionnaire chimique français-bulgare pour le soutien.....	133
Sources	138

1. Aspect énergétique des transformations chimiques

2. Thermochimie, nutrition, culture physique

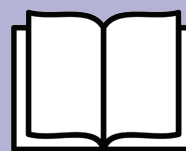
3. Vitesse des processus chimiques/cinétique chimique

4. Les enzymes

5. Équilibre chimique

Notions de base:

- **chaleur de réaction**
- **réaction exothermique**
- **réaction endothermique**
- **chaleur de formation**
- **chaleur de combustion**
- **catalyseur**
- **vitesse de la réaction chimique**
- **processus chimiques réversibles et irréversibles**
- **équilibre chimique**



Thermochimie.

La thermochimie étudie les échanges d'énergie dans un système chimique.

1. Notions en thermochimie

1.1. La chaleur de la réaction

Reconstituez la définition de "chaleur de réaction". Choisissez entre: *kilojoules, énergie, joules, équations chimiques.*

La chaleur de réaction est la quantité d'..... qui est libérée ou absorbée au cours de cette transformation chimique. Dans les elle est marquée avec Q et mesurée en (J) ou (kJ).

1.2. Réaction exothermique

Reconstituez la définition d'une réaction exothermique en choisissant le mot correct.

Les réactions chimiques qui sont accompagnées *d'absorption/de libération* de chaleur dans l'environnement sont appelées exothermiques.

1.3. Réaction endothermique

Reconstituez la définition d'une réaction endothermique en choisissant le mot correct.

Les réactions chimiques qui sont accompagnées *d'absorption/de libération* de chaleur sont appelées endothermiques.

1.4. Chaleur de formation

Reconstituez la définition de la chaleur (d'énergie) de formation.

La quantité de (d') libérée ou absorbée lors de la formation de/d' d'un composé chimique à partir des stables correspondants dans des conditions standard ($T = 25\text{ °C}$, $p = 1 \times 10^5\text{ Pa}$) est appelée chaleur de formation. Elle est mesurée en (kJ/mol). La chaleur de formation des corps simples est estimée égale à 0. Lorsqu'un élément chimique a plusieurs formes allotropiques, seule sa forme allotropique la plus stable dans des conditions normales a une chaleur de formation nulle.

1.5. Chaleur de combustion

Reconstituez la définition de chaleur (d'énergie) de combustion.

La (L') dégagée lors de la combustion de 1 mole d'..... dans un environnement oxygéné dans des conditions standards ($T = 25\text{ °C}$, $p = 1 \times 10^5\text{ Pa}$), qui produit les oxydes supérieurs de ses éléments constitutifs, s'appelle la Elle est mesurée en kilojoules par mole (kJ/mol).

2. Loi de Hess

2.1. Formulation

La chaleur dégagée ou reçue lors d'une réaction ne dépend que de l'état initial et de l'état final si la transformation s'effectue soit à volume constant, soit à pression constante. Elle ne dépend pas du chemin parcouru pour aller de l'état initial à l'état final.

La loi de Hess découle donc directement de l'application du premier principe de la thermodynamique. C'est en fait l'application de ce premier principe à une transformation cyclique.

2.2. Emploi de la loi de Hess dans la mesure de la chaleur de réaction

La chaleur de réaction est égal à la somme des chaleurs de formation des produits (état final), diminuée de la somme des chaleurs de formation des réactifs (état initial), en tenant compte de la stœchiométrie de la réaction.

Pour calculer la chaleur de réaction on peut suivre l'algorithme suivant:

- Ecrire l'équation thermochimique:
- Déterminer l'équation de la chaleur de réaction en utilisant la loi de Hess:
- Déterminer la valeur de la chaleur de réaction en se référant aux données du tableau 1:

Application: déterminer la valeur de la chaleur de réaction de la combustion du méthane.

Substance	Chaleur de formation
Méthane (CH ₄)	-12,9 kJ.mol ⁻¹
Oxygène (O ₂)	0
Dioxyde de carbone (CO ₂)	393,5 kJ.mol ⁻¹
Eau (H ₂ O _(g))	241,8 kJ.mol ⁻¹

Tableau 1. Chaleurs de formation.

*Activités bi-disciplinaires:**Chimie et protection de l'environnement / Éducation physique et sportive***1. Jouons au quiz**

Questionnaire à choix multiples. Identifiez la/les bonne(s) réponse(s).

L'unité normalisée (SI) de mesure de la chaleur est

- le joule
- le kilojoule

Sur la base des résultats des études réalisées, il est considéré que les sportifs ont besoin d'un apport en protéines d'environ:

- 1.2 - 1.6 g par kilo par jour
- 120 - 160 g par jour

Lors d'exercices physiques de faible intensité, l'organisme utilise l'énergie assurée par:

- le métabolisme aérobie - dégradation des glucides et des lipides en présence de dioxygène (O_2)
- le métabolisme anaérobie – dégradation de glucides sans apport d'oxygène.

Cependant, lors d'efforts physiques intenses, l'organisme utilise surtout:

- des glucides en les transformant en acide lactique
- des glucides en les transformant en aérobie (avec consommation d'oxygène).

Si vous avez pour objectif d'éliminer la graisse sous-cutanée, mangez au moins:

- 2 heures avant une séance de cardio
- 3 heures avant une séance de cardio
- 1 heure avant une séance de cardio
- 15 minutes avant une séance de cardio

Les nutritionnistes recommandent aux sportifs un apport journalier de lipides de:

- 25-30% de l'énergie totale journalière
- 45-50% de l'énergie totale journalière
- 5-10% de l'énergie totale journalière
- un apport journalier plus important

Lors d'entraînements intenses, la transpiration donne lieu à une perte de certains électrolytes:

- surtout du sodium et de petites quantités de potassium
- surtout des lipides
- surtout du calcium et de petites quantités de magnésium
- surtout des toxines.

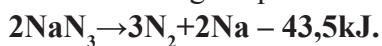
Vrai ou faux?

La réaction exothermique s'accompagne d'un dégagement d'énergie.

Une réaction chimique est dite endothermique si elle absorbe de l'énergie.

Calculez:

Dans les airbags le processus chimique suivant est effectué



Quelle est la chaleur de formation de NaN_3 (l'azoture de sodium)?

Pour joier le quiz numérique,
décodez le QR:



Images 1.1.

2. Activité physique

Faites cinq minutes d'échauffement physique.

La classe est divisée en trois équipes. Chacune des trois équipes effectue cinq minutes d'activité physique.

Equipe 1. Saut à la corde

Equipe 2. Danse folklorique

Equipe 3. Exercices tibétains

3. Les dépenses énergétiques en calories

Calculez à l'aide d'une calculatrice l'énergie (en kilocalorie) que chacun de vous vient de dépenser lors de son activité physique. Remplissez le tableau 2.

Nom de l'élève	Type d'activité physique	Temps d'activité physique (min.)	Calories dépensées (kcal)

Tableau 2. Les dépenses énergétiques en calories

4. Aliments et calories

Calculez la masse de pommes (ou bananes, ou amandes, etc.) en grammes qu'il vous faudrait ingérer pour compenser les pertes énergétiques dues à l'activité physique effectuée. Remplissez le tableau 3.

Les valeurs énergétiques massiques des différents aliments seront indiquées par la balance devant vous.

Nom de l'élève	Calories dépensées (kcal)	Masse de pommes (g) à manger pour reconstituer les calories perdues

Tableau 3. Aliments et calories

5. La parole est aux diététiciens

5.1. Les élèves qui sautent à la corde défendent la nécessité de calculer les calories des plats consommés.

Vous avez 10 minutes pour écrire quelques arguments pour justifier de la nécessité de calculer les calories des plats consommés.

.....

.....

.....

.....

5.2. Les élèves qui dansent évoquent ensuite les inconvénients et les erreurs de calcul des calories contenues dans les aliments consommés

Vous avez 10 minutes pour écrire quelques arguments pour évoquer les inconvénients et les erreurs de calcul des calories contenues dans de l'énergie apportée par les aliments consommés.

.....

.....

.....

.....

5.3. Les tibétains ont une approche holistique de l'alimentation

Vous avez 10 minutes pour écrire quelques arguments pour expliquer une approche holistique de l'alimentation.

.....

.....

.....

.....

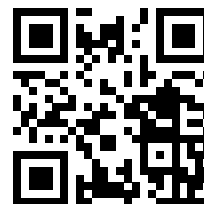
6. La parole est aux chimistes. Activités laboratoires.

Observez les vidéos des expériences qui suivent et répondez aux questions.

Identifiez si ce sont des transformations physiques ou chimiques.

Identifiez si ce sont des réactions endo/exo thermique.

**Gastronomie moderne.
Sorbet d'orange.
Décodez le QR:**



Images 1.2.

Décrivez en quelques lignes ce qui se produit!

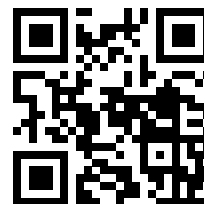
.....

.....

.....

.....

**L'esprit dans la bouteille.
Décodez le QR:**



Images 1.3.

Décrivez en quelques lignes ce qui se produit!

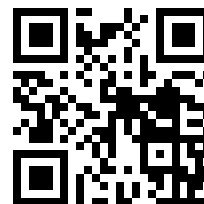
.....

.....

.....

.....

**Feux d'artifice
Décodez le QR:**



Images 1.4.

Décrivez en quelques lignes ce qui se produit!

.....

.....

.....

.....

6.2. Définissez la nature de chaque réaction chimique réalisée, notamment exothermique ou endothermique.

Remplissez le tableau 4. Réaction endo-/exothermique:

Réaction endothermique / Réaction exothermique	Vrai ou faux	Justification
Lors de la production du sorbet se réalise une réaction exothermique		
L'esprit de la bouteille est une réaction exothermique		
Les feux d'artifice sont des réactions endothermiques		

Tableau 4. Réaction endothermique / réaction exothermique

1. Introduction avec quelques exemples

Lent ou rapide. Réaction lente, réaction rapide:

Classer les processus cités ci-dessous dans le tableau 1 en fonction de leur vitesse de transformation:

Exemples: *La formation des stalagmites dans les grottes, les feux d'artifice, la neutralisation d'une base par un acide, la formation de patine sur les toits en cuivre, l'estérification d'acide salicylique en acide acétylsalicylique (préparation d'aspirine), la saponification des graisses, la formation du pétrole, la corrosion du fer.*

Vitesse du processus	Processus très lent	Processus lent	Processus rapide	Processus très rapide
Exemples	1. 2.	1. 2.	1. 2.	1. 2.

Tableau 1. Processus lents, processus rapides

2. L'intérêt de connaître la vitesse des processus chimiques est lié au développement de l'industrie chimique.

La vitesse des transformations chimiques est une de leurs caractéristiques qui peut être modifiée au but de meilleur rendement, planification, sécurité, conservation.

Lisez le texte du Document 1. et répondez aux questions qui suivent.

«Inventée en 1846 par le chimiste Italien Ascanio Sobrero, la nitroglycérine est un explosif dix fois plus puissant que la poudre. Dans les années 1860, un jeune ingénieur du nom d'Alfred Nobel vend l'explosif pour les besoins des chantiers de construction. Mais ce produit est très volatile et son utilisation reste dangereuse – le frère d'Alfred Nobel meurt dans une explosion en 1864. Pour rendre ce liquide plus stable, Alfred Nobel le mélange à une sorte d'argile très répandue appelée kieselguhr. Le composé, qu'il appelle Dynamite, est ainsi plus sûr et peut être enfoncé, sous forme de tube, dans des trous creusés pour l'occasion, rendant ainsi son utilisation plus pratique sur les chantiers. Le brevet est déposé en octobre 1867 et Alfred Nobel fait fortune.»

Document 1. L'invention de la dynamite

Pourquoi et comment Nobel a calmé la nitroglycérine?

Est-ce qu'il a accéléré ou ralenti la réaction de l'explosion?

3. Facteurs qui influencent la vitesse des processus chimiques?

3.1. La nature des espèces chimiques.

Examinez les trois exemples qui suivent, comparez les trois processus et répondez à la question Pourquoi la formation des grottes est un processus très lent?

Exemple 1. Dissolution du calcaire dans la nature.

Écrivez la formule chimique du carbonate de calcium.

Est-ce qu'il est soluble dans l'eau?

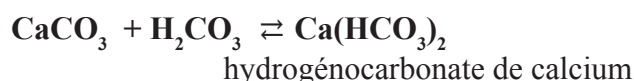
Est-ce qu'il est soluble dans des acides?

Dans les eaux naturelles est dissout un gaz qui interagit avec l'eau pour donner un acide. Quel est ce gaz?

Quel est le nom du produit formé lors de la transformation suivante?



Le calcaire se dissout dans les eaux naturelles selon l'équation suivante:



Exemple 2. Dissolution du tartre (calcaire) dans une bouilloire.

Vous pouvez éliminer le tartre de votre bouilloire en utilisant la solution de l'acide citrique. Le calcaire sera transformé en hydrogénocarbonate de calcium. Ce processus est relativement rapide.

Exemple 3. Dissolution du calcaire au laboratoire.

Rappelez-vous le test d'identification pour les carbonates insolubles, que vous avez étudié en 9e. Écrivez les noms des composés chimiques de l'équation-bilan correspondante.



Est-ce une réaction lente ou rapide? Justifiez

Quelle différence y a-t-il entre l'acide carbonique (H_2CO_3) l'acide citrique et l'acide chlorhydrique (HCl)?

De quoi dépend alors la vitesse de la dissolution du calcaire?

3.2. Quelle est la concentration de l'acide carbonique dans les eaux naturelles?

Piste de réflexion: les eaux naturelles sont elles acides?

Identifiez/proposez un second/ deuxième facteur qui influence la vitesse d'une transformation chimique

3.3. Un autre facteur accélère ou ralentit la vitesse de la réaction chimique.

Examinez les deux exemples suivants et identifiez le facteur cinétique mis en jeu.

Exemple 1. Le calcaire est utilisé pour la production de chaux. Le calcaire est décomposé en chaux vive et dioxyde de carbone selon l'équation suivante:



Quelle est la condition de cette transformation chimique qui n'est pas notée dans l'équation?

Exemple 2. On garde la viande dans un réfrigérateur. Pourquoi?



Images 1.5. Influence de la température

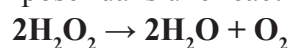
Identifiez le troisième facteur qui influence la vitesse de la réaction chimique. Expliquez son action à l'échelle microscopique.

.....

3.4. L'action pharmaceutique et le rôle des impuretés dans l'eau oxygénée.

3.4.1. L'Eau oxygénée est un produit pharmaceutique. C'est le nom usuel de la solution de peroxyde d'hydrogène à 3%.

Le peroxyde d'hydrogène est un composé chimique relativement instable qui peut se décomposer dans une réaction de dismutation.



Lisez les informations du Document 2. Trouvez dans le texte et recopiez ci-dessous les deux phrases dans lesquelles on parle d'augmentation de la vitesse de la dismutation du peroxyde d'hydrogène:

Phrase 1.

Phrase 2.

1. DENOMINATION DU MEDICAMENT:

EAU OXYGENEE STABILISEE, solution pour application locale en flacon

2. COMPOSITION QUALITATIVE ET QUANTITATIVE:

Solution à 3 % de peroxyde d'hydrogène stabilisée

3. FORME PHARMACEUTIQUE

Solution pour application cutanée en flacon.

4. DONNEES CLINIQUES

4.1. Indications thérapeutiques

- Nettoyage de la peau érodée et des petites plaies,
- Petites hémorragies capillaires par plaies superficielles.

5. PROPRIETES PHARMACOLOGIQUES

5.1. Propriétés pharmacodynamiques

Il s'agit d'une solution faiblement antiseptique de la classe des antioxydants.

La solution exerce par l'effervescence une action mécanique de nettoyage par dégagement d'oxygène.

L'eau oxygénée présente également des propriétés hémostatiques.

L'eau oxygénée est désactivée par les matières organiques (protéines, sang, pus...).

5.2. Propriétés pharmacocinétiques

L'eau oxygénée libère de l'oxygène par dismutation. Cette réaction est catalysée par les tissus.

6. DONNEES PHARMACEUTIQUES

6.1. Liste des excipients

Sans objet.

6.2. Incompatibilités

Produit instable en milieu alcalin, en présence de dérivés métalliques, de composés réducteurs, certains oxydants, lumière et chaleur.

Document 2. Résumé des caractéristiques du produit pharmaceutique¹

3.4.2. Définition de catalyseur.

Un catalyseur est une substance qui augmente la vitesse d'une réaction chimique. Il participe à la réaction mais est régénéré en fin de transformation.

Identifiez un quatrième facteur qui influence la vitesse de la réaction chimique.

.....

¹ <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr>

3.5. Pour des réactifs à état solide trouvez dans la photo suivante l'outil avec lequel on accélère la réaction.



Images 1.6. Pilon et mortier

Avez-vous découvert le facteur qui influence la vitesse de la réaction chimique dans cette photo? Nommez-le. Justifiez.

.....

Quels sont les facteurs qui influencent la vitesse des processus chimiques? Complétez le tableau 2. ci-dessous:

Conclusion:

Les facteurs qui influencent la vitesse de la réaction chimique sont:

.....

Tableau 2. Facteurs qui influencent la vitesse de la réaction chimique

4. Mesure de la vitesse de la réaction chimique

4.1. La vitesse est toujours liée à l'évolution d'une grandeur en fonction du temps.



Images 1.7.

Pour mesurer la vitesse d'un processus il faut mesurer un certain changement d'un système pour un intervalle de temps donné.

Remplissez les espaces vides à l'aide des expressions suivantes pour reconstituer les phrases.

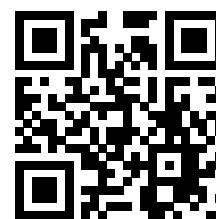
(À choisir entre les unités de mesure: *litres, mètres, minutes, kilomètres, heure.*)

Pour le cycliste la vitesse est la distance parcourue en ou pour une

La vitesse du gonflage d'un ballon est mesuré en..... par

4.2. Qu'est-ce qui change avec le temps lors d'une transformation chimique?

Observez la vidéo (décodez le QR) et répondez aux questions suivantes.



Images 1.8.

Quels changements avez-vous observé?

.....

Écrivez l'équation – bilan de la transformation chimique observée.

.....

Nommez les réactifs.

..... et

Nommez le produit.

.....

Que peut-on mesurer pour les réactifs et le produit?

(Aide: Examinez le Tableau 3).

.....

Mesure	Masse	Volume	Quantité de matière
Symbole	m	V	n
Unité de mesure dans SI	kg*	m ^{3**}	Mol

* on utilise aussi g, mg, µg ou t (tonne)

** on utilise aussi dm³ et L (litre): 1 dm³ = 1 L

Tableau 3. Les mesures des substances

En cinétique chimique on utilise la mesure **de quantité de matière**.

Observez le graphique d'évolution de la quantité du produit de la réaction chimique au cours du temps et répondez à la question suivante.

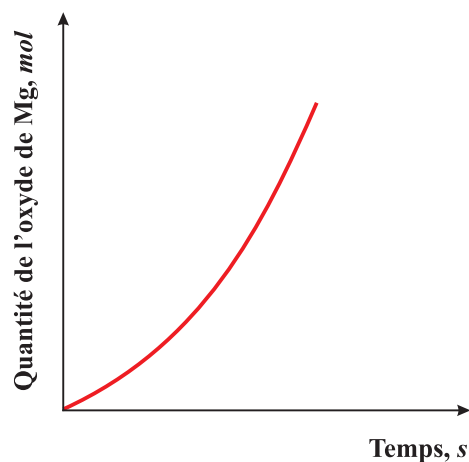


Image 1.9. Évolution de la quantité de matière de l'oxyde de magnésium en fonction du temps

Comment évolue la quantité de matière du produit de la réaction chimique au cours du temps?

.....

3.

Observez le graphique de l'évolution de la quantité de matière du réactif au cours du temps et répondez à la question suivante:

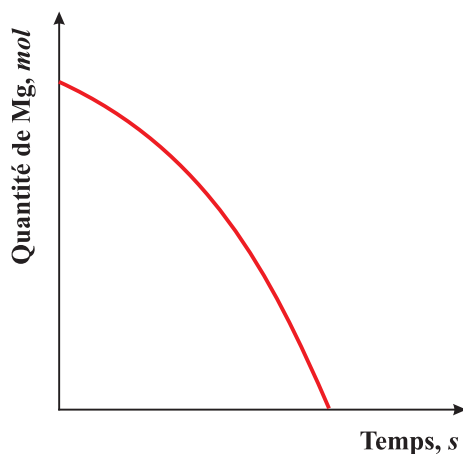


Image 1.10. Évolution de la quantité de matière de magnésium au cours du temps

Comment évolue la quantité du réactif de la réaction chimique au cours du temps?

.....

4.3. Expression de la vitesse de la réaction chimique

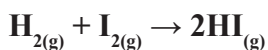
La vitesse de réaction chimique correspond à la quantité de réactif transformé au cours de la réaction par unité de temps ainsi qu'à la quantité du produit obtenu par unité de temps au cours de cette même transformation chimique.

La vitesse de réaction est toujours positive.

Dans l'expression mathématique de la vitesse on utilise l'évolution de la concentration molaire d'une des substances participant dans la réaction.

Définition de la concentration molaire de la substance A dans une solution de volume V :
 $c(A) = n(A) / V$ [mol/L]

Examinez la réaction entre le dihydrogène et le diiode en état gazeux.
La réaction s'effectue selon l'équation suivante:



Évolution de la concentration molaire du dihydrogène dans l'intervalle de temps Δt :

$$c_2(\text{H}_2) - c_1(\text{H}_2) = \Delta c(\text{H}_2) \text{ [mol/L]} \quad \Delta c(\text{H}_2) < 0$$

Changement de concentration molaire du diiode:

$$c_2(\text{I}_2) - c_1(\text{I}_2) = \Delta c(\text{I}_2) \text{ [mol/L]} \quad \Delta c(\text{I}_2) < 0$$

Changement de concentration molaire de l'iodure d'hydrogène:

$$c_2(\text{HI}) - c_1(\text{HI}) = \Delta c(\text{HI}) \text{ [mol/L]} \quad \Delta c(\text{HI}) > 0$$

Intervalle de temps:

$$t_2 - t_1 = \Delta t \text{ [s]}$$

Expression de la vitesse:

$$v(\text{A}) = \pm \Delta c(\text{A}) / \Delta t \text{ [...]}$$

Dans l'expression de la vitesse, on a oublié de noter les unités de mesure. Notez-les.

Expliquez le signe \pm dans l'expression de vitesse.

.....

Écrivez les expressions des vitesses d'après le changement de concentration de l'hydrogène $v(\text{H}_2)$, du diiode $v(\text{I}_2)$ et de l'iodure d'hydrogène $v(\text{HI})$.

.....

Ces vitesses sont-elles égales? Quelle relation existe-t-il entre elles?

.....

Examinez les nombres stœchiométriques dans l'équation-bilan et ajoutez les coefficients dans l'expression suivante.

$$v(\text{HI}) = \dots v(\text{I}_2) = \dots v(\text{H}_2)$$

*Pour approfondir nos connaissances.
Facteurs qui influencent la vitesse de la réaction chimique*

1. La théorie des collisions

Pour qu'une transformation chimique se produise il faut que les substances soient en contact (en collision).

Mais si toutes les collisions étaient efficaces, toutes les réactions chimiques se produiraient instantanément.

Le mécanisme réactionnel comprend:

- Les collisions des particules.
- La rupture des liaisons dans les substances initiales.
- Le regroupement des particules et la formation des produits.

2. Influence de la nature des réactifs.

Faites une recherche et définissez la notion:

Energie d'activation de la réaction (E_a)

3. Influence de la concentration des réactifs.

Faites une recherche et définissez:

La Loi de la vitesse

4. Influence de la température.

Faites une recherche et définissez la notion:

Collisions efficaces

5. Influence de la surface des corps solides.

1. Définition

Peter a créé un livre électronique traitant de la notion d'enzymes mais certains concepts restent difficiles à expliquer. Il souhaite rendre son livre le plus clair possible. Au bas de chaque page, Peter a placé des notions de base sur le thème des enzymes mais il ne sait pas exactement où ils se trouvent dans le texte. Aidons Peter à terminer le livre!

Les enzymes sont des biologiques. Ce sont des substances de nature protéique qui les réactions chimiques dans les organismes vivants. Ils ont des propriétés similaires aux catalyseurs chimiques. Notamment:

- Ils accroissent de la réaction chimique.
- Ils agissent en quantités
- L'enzyme au cours de la réaction.
- Les enzymes diffèrent de la plupart des catalyseurs chimiques par leur très grande C'est par son site actif que l'enzyme se lie à un concret dont est complémentaire.

n'est pas modifiée, accélèrent, la géométrie, catalyseurs, la vitesse, spécificité, minimales, substrat

2. L'importance des enzymes pour la digestion

Lisez et jouez le sketch suivant sur l'importance des enzymes dans la digestion.

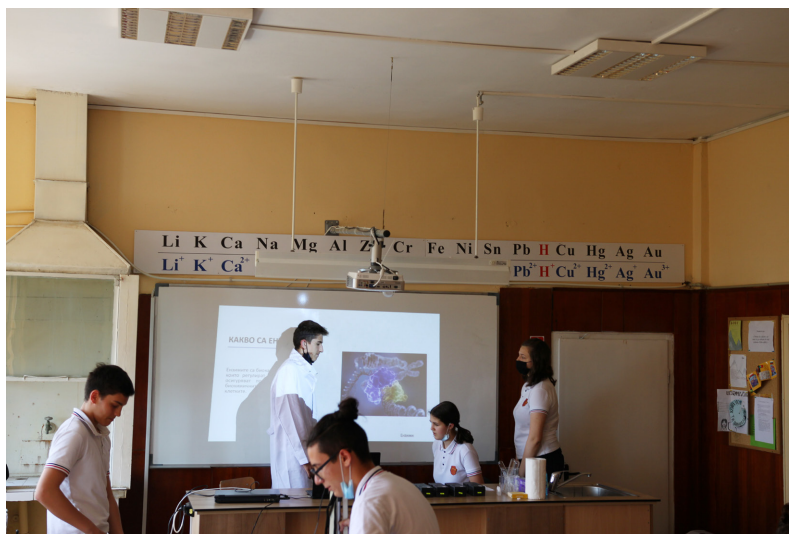


Image 1.11. Amélie chez le docteur

LES PERSONNAGES:**Amélie** – une Française de Lyon, en visite en Bulgarie**Maria** – une Bulgare, amie d'Amélie**Ivan** – un ami de Maria**Dr Petrov** – Le médecin d'Amélie

La rue de l'hôpital.

Amélie et Maria marchent lentement. Amélie est légèrement penchée, tenant sa main sur son ventre. Ivan arrive à leur rencontre.

Ivan: Bonjour, Maria!

Maria: Bonjour, Ivan, je suis contente de te voir. Comment vas-tu? Ça fait longtemps qu'on ne s'est pas vus. Tu as terminé tes études?

Ivan: Ah oui. Je travaille actuellement pour l'Agence alimentaire.

Maria: Génial. Je te présente Amélie. C'est mon amie de Lyon. Elle me rend visite depuis quelque temps.

Ivan: Enchanté, je m'appelle Ivan. (Il lui tend la main)**Amélie (à voix basse):** Enchantée, Amélie. (elle tend la main lentement en souffrant)**Ivan:** Bonjour Amélie. Tout va bien?**Maria:** Non, elle ne se sent pas bien depuis son arrivée.

Amélie: C'est vrai, je me sens épuisée, je ressens des ballonnements et des douleurs à l'estomac, un malaise général, surtout après avoir mangé...

Ivan: Ça pourrait être de notre nourriture pimentée.

Amélie: Je ne pense pas que ce soit de la cuisine bulgare, cette indisposition a commencé quelques semaines avant mon arrivée en Bulgarie.

Maria: Elle est probablement liée à la nourriture, car après chaque repas, les symptômes s'aggravent.

Ivan: Elle doit être examinée par un médecin.

Maria: On a déjà consulté le Dr Petrov. On vient de faire les analyses nécessaires et maintenant on y retourne avec les résultats.

Amélie: Maria, Ivan, je suis désolée mais je pense qu'on doit y aller.**Ivan:** Si je vous attendais ici? Je suis curieux de connaître la raison de ton malaise.**Maria:** D'accord

Maria et Amélie entrent dans le cabinet du médecin.

Maria et Amélie: Bonjour docteur.

Dr Petrov: Bonjour les filles. Installez-vous, je vous en prie. Alors, Amélie, comment ça va aujourd'hui?

Amélie: Je ne me sens pas bien, docteur. J'ai toujours des brûlures d'estomac, des ballonnements et des gaz, des nausées, des maux de tête et des douleurs abdominales.

Dr Petrov: Est-ce que vous avez fait les tests?

(Maria donne les résultats des tests au médecin.) Voyons... Ces tests concernent les enzymes

hépatiques. Les abréviations ASAT et ALAT signifient Aspartate Aminotransférase et Alanine Aminotransférase. Si leurs niveaux dans le sang sont élevés, cela indique une maladie du foie. Mais tout va bien ici. Peut-être que le problème est dans les enzymes digestives. Ils décomposent les glucides, les graisses et les protéines. La soi-disant nourriture de la civilisation comprend trop de sucre, de produits à base de farine blanche, de gras trans et de produits fabriqués sur des sols contaminés. Cette façon de manger surcharge le corps et épuise les enzymes qu'il contient. (Il prend un deuxième résultat)

D'après ce que je vois, la valeur de l'amylase – l'enzyme qui décompose les glucides est normale. Lorsqu'il y a des niveaux élevés d'amylase dans le sang, il s'agit le plus souvent d'une maladie du pancréas. Ici ce n'est pas le cas. La valeur de la lipase est également normale. Celle-ci est liée au traitement des graisses.

(Le médecin examine les résultats) Ainsi, c'est clair, la cause du problème sont les enzymes qui décomposent les protéines.

Je vais vous prescrire des médicaments et des compléments qui vous aideront, Amélie.

Amélie: Mais, docteur, j'ai des problèmes avec les comprimés et les gélules.

Dr Petrov: Bon alors.... Je vous recommande de manger au moins un kiwi par jour et d'inclure l'ananas dans votre alimentation aussi souvent que possible, surtout lorsqu'elle est riche en protéines, par exemple la viande, les œufs, le fromage.

Amélie: Et vous pensez que cela va améliorer mon état?

Dr Petrov: J'en suis sûr. Le kiwi et l'ananas contiennent des enzymes qui décomposent les protéines - l'actinidine, la bromélaïne. La papaye contient également une enzyme similaire - la papaine.

Maria: Seulement ça? D'accord, merci, Dr Petrov. Au revoir.

Amélie: Au revoir.

(Les filles joignent Ivan)

Ivan: Que s'est-il passé chez le médecin? Quel est le diagnostic?

Maria (irritée): C'est une carence en enzymes digestives. Ça ne me semble pas sérieux. Il a recommandé de manger des kiwis, des ananas, de la papaye... Il est clair que nous devons chercher un autre médecin.

Ivan: Attends, pourquoi? Il a raison. Ce qu'il vous a dit est vrai.

Maria: Qu'est-ce qui est vrai, que tous les fruits contiennent des enzymes? Et qu'est-ce que les enzymes ont de si important? Non, je n'y crois pas. C'est n'importe quoi.

Ivan: Tu te trompes. Mon travail est lié à cela. Le kiwi et l'ananas contiennent des enzymes qui décomposent les protéines. En outre, il existe des structures dans les cellules qui produisent des enzymes qui dégradent certaines substances inorganiques nocives. Les enzymes sont également utilisées dans la production d'aliments et de boissons. Mais, si vous n'y croyez pas, je vous emmène dans notre laboratoire où vous verrez par vous-même que c'est ainsi.

Maria: Tu es sérieux. ...? Ok, allons-y.

(Suivent les expériences).

3. Observation de l'action des enzymes sur les réactions chimiques

Activité laboratoire.

Imaginez que vous êtes dans l'un des laboratoires de l'Agence alimentaire.

Vous êtes les assistants de laboratoire.

Vous effectuerez trois expériences impliquant des enzymes.

Suivez strictement les instructions de travail.

Surveillez attentivement les résultats et répondez aux questions.

3.1. Expérience 1

Objectif: Conversion des glucides complexes dans le malt de bière en sucres simples. Mesure.

* Le malt est une matière première céréalière obtenue en transformant de l'orge ou du blé.

Le malt a un pourcentage élevé d'amidon, une certaine quantité de protéines, ainsi que de la cellulose. L'amidon est un glucide complexe. Avec l'aide de l'enzyme amylase, il est décomposé en sucres simples.

Outils et matériaux nécessaires:

bain-marie avec lecture précise de la température, réfractomètre;

béchers, 4 tubes, 4 pipettes, 4 fioles, 4 entonnoirs, papier filtre;

2 échantillons de 10 g de malt de bière nature, 1 échantillon de 5 g de malt de bière ordinaire,

1 échantillon de 5 g de malt de bière caramel, eau distillée.

Suivre le protocole. Respecter les conditions de sécurité!

1. Allumer le bain-marie et régler la température à 65°C.

2. Étiqueter les tubes Contrôle (malt de bière nature), MO (malt ordinaire), MOC (malt ordinaire + caramel), MC (malt de caramel).

3. Placer 60 ml d'eau distillée dans chaque tube.

4. Placer les tubes sans Contrôle dans le bain-marie à tempérer jusqu'à 65°C.

5. Ajouter le malt approprié à chacun des tubes.

Laisser reposer 40 minutes au bain-marie.

(En attendant, passez à l'expérience suivante.)

6. Refroidir les tubes dans des verres avec de l'eau froide.

7. Préparer des filtres à partir de papier filtre, mouillez-les.

8. Placer les filtres dans les entonnoirs et filtrer le contenu des tubes marqués MO et MC.

9. Mesurer la teneur en sucres simples avec un réfractomètre.

Contrôle –

MO –

MC –



Image 1.12. Mesure avec réfractomètre

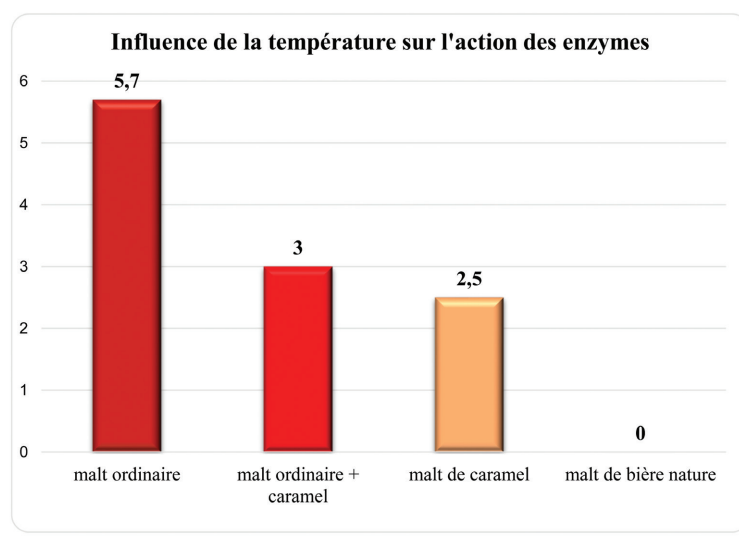


Image 1.13. Influence de la température sur l'action des enzymes

Question 3.1.1.: Expliquez comment l'augmentation de la température affecte l'activité de l'enzyme amylase.

Question 3.1.2.: Comparez les résultats de l'échantillon C et de l'échantillon MO. Expliquez.

Question 3.1.3.: Comparez les résultats de l'échantillon MC et de l'échantillon MO. Expliquez.

Indice: Le malt caramel est traité à l'orge à haute température.

3.2. Expérience 2

Objectif: Démontrer l'effet de l'enzyme actinidine contenue dans le fruit du kiwi sur les protéines.

* La gélatine est une protéine qui ne se dissout pas dans l'eau à basse température. Sous l'action d'enzymes, la gélatine est décomposée en peptides de faible poids moléculaire solubles dans l'eau.

Outils et matériaux nécessaires:

2 tubes, 1 bécher 100 ml, 1 bécher 150 ml, 1 mortier en porcelaine, 1 agitateur en verre, 1 cuillère à café, 1 éprouvette graduée de 5 ml; de la gélatine, un kiwi, de la glace, de l'eau chaude.

Suivre le protocole. Respecter les conditions de sécurité!

Un élève du groupe prépare la solution de gélatine, le deuxième élève broie le kiwi dans le mortier et le troisième prépare de l'eau glacée.

1. Dissoudre 3 g de gélatine dans 100 ml d'eau chaude (non bouillante).
2. Broyer la tranche de kiwi au mortier.
3. Placer le broyat de fruit obtenu dans le tube à essai 1.
4. Ajouter 5 ml de solution de gélatine dans chaque tube – 1 et 2.

Placer les deux tubes dans de l'eau glacée pendant 10 minutes.

(En attendant, passez à l'expérience 3)

5. 10 minutes après, rapporter l'état de la gélatine dans le tube 1 et le tube 2.

Question 3.2.1.: Remplissez le schéma.

Indice: Quels sont les noms de la protéine et de l'enzyme que vous avez utilisés dans l'expérience? La protéine est-elle soluble ou insoluble à basse température après l'ajout de l'enzyme?

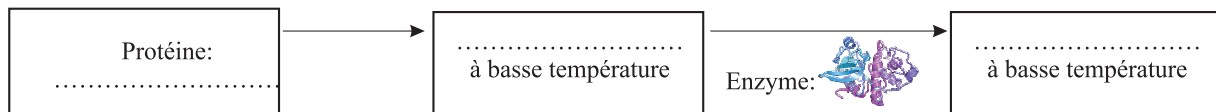


Image 1.14.

Question 3.2.2.: Quel processus subit la protéine?

.....

.....

.....

3.3. Expérience 3

Objectif: Démontrer la dégradation du peroxyde d'hydrogène par l'enzyme catalase.

* Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) est un oxydant puissant, c'est pourquoi il est toxique pour la cellule, il est le résultat de certains processus métaboliques. Dans les cellules végétales, l'enzyme catalase neutralise ses effets nocifs. Il accélère sa décomposition en eau et en oxygène.

Outils et matériaux nécessaires:

4 tubes, une éprouvette graduée, un mortier, une règle;
des pommes de terre crues, des pommes de terre bouillies, du peroxyde d'hydrogène.

Suivre le protocole:

Un élève du groupe réalise les expériences, un deuxième rapporte les résultats et un troisième les enregistre dans le tableau. Respectez les conditions de sécurité!

1. Placer 5 ml de peroxyde d'hydrogène dans 4 tubes.
2. Placer un cube (1cm/1cm/1cm) de pomme de terre crue dans le tube 1.
3. Rapporter dans le tableau le résultat en millimètres de mousse (mesuré avec une règle).
4. Écraser un dé (1cm/1cm/1cm) de pomme de terre crue dans le mortier.
5. Placer la purée de pomme de terre dans le tube 2.
6. Rapporter dans le tableau le résultat en millimètres de mousse (mesuré avec une règle).
7. Placer deux cubes (1cm/1cm/1cm) de pomme de terre en purée (broyé) dans le tube 3.
8. Rapporter dans le tableau le résultat en millimètres de mousse (mesuré avec une règle).
9. Placer un cube (1cm/1cm/1cm) de pomme de terre bouillie, en purée, dans le tube 4.
10. Rapporter dans le tableau le résultat en millimètres de mousse (mesuré avec une règle).

Expérience	Résultat (mm)
1. Avec un cube entier de pomme de terre crue	
2. Avec un cube écrasé de pomme de terre crue	
3. Avec deux cubes écrasés de pomme de terre crue	
4. Avec un cube entier de pomme de terre bouillie	

Tableau 1. Rapporter les résultats

Question 3.3.1.: L'un des membres du groupe ouvre un nouveau document Excel sur son portable. Remplissez-le avec les données du tableau ci-dessus. Transformez le tableau en un graphique à barres (histogramme). Partagez le diagramme avec l'enseignant.

Question 3.3.2.: Comment l'activité enzymatique change-t-elle dans les trois expériences?

.....

Question 3.3.3.: Quel paramètre va modifier l'activité de l'enzyme catalase dans les expériences 2 et 3?

.....

.....



Image 1.15.

Question 3.3.4.: Dans l'expérience 3, un autre facteur est mis en évidence. Lequel?

.....

.....

Question 3.3.5.: Expliquez le résultat obtenu lors de la quatrième (dernière) expérience. Quels changements les enzymes ont-elles subies sous l'action d'une température élevée lors de la cuisson de la pomme de terre?

.....

.....

Se laver les mains à la fin des expériences!

1. Les réactions réversibles et irréversibles

1.1. Combustion de charbon de bois



Image 1.16.

Ecrivez l'équation chimique de la réaction de combustion du charbon de bois (rappelez-vous la présentation du charbon dans une équation).

.....
 Est-il possible de reconstituer du charbon en utilisant du dioxyde de carbone et de l'eau?

Les réactions chimiques au cours desquelles les réactifs se transforment complètement en produits, sans que les produits puissent reformer les réactifs, s'appellent des **réactions irréversibles**.

1.2. Dissolution chimique du calcaire

Activités laboratoires

Expérience 1. Action de l'acide chlorhydrique sur le calcaire.

Versez quelques gouttes de solution d'acide chlorhydrique sur un morceau de calcaire.



On observe une effervescence.

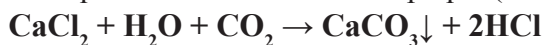
Expliquez l'expérience en quelques phrases

.....

Expérience 2. Précipitation du calcaire (des ions Ca^{2+}) dans une solution aqueuse de dioxyde de carbone.

Dans un tube à essai, introduisez 2 ml de solution de chlorure de calcium.

Lentement, goutte à goutte, ajoutez de la solution de dioxyde de carbone (eau gazeuse) jusqu'à ce que la solution devienne opaque (trouble).



Expliquez l'expérience!

.....

Avez-vous remarqué que les produits de la première expérience sont les réactifs de la deuxième expérience et les réactifs de la première expérience sont les produits de la deuxième expérience?

Expérience 3. Action du dioxyde de carbone sur le calcaire.

Dans le tube à essai de l'expérience 2. continuez à ajouter de l'eau gazeuse jusqu'à clarification de la solution.



Expliquez l'expérience!

.....

Expérience 4. Précipitation du calcaire (des ions Ca^{2+}) sous l'action de la chaleur.

Chauffez le tube de l'expérience 3. à la flamme d'une lampe à alcool jusqu'à ce que la solution devienne opaque (trouble).



Expliquez l'expérience!

.....

Questions supplémentaires:

Dans la nature, où se produisent les processus décrits dans les Expérience 3. et 4.? Quelles sont les formes de relief qui sont le résultat des processus observés?

.....

Les réactions chimiques qui peuvent se produire dans un sens (le sens direct) mais aussi dans le sens inverse s'appellent des **réactions réversibles**. Au cours des réactions réversibles, les produits réagissent entre eux pour reformer les réactifs.

2. L'équilibre chimique

2.1. Définition

L'équilibre chimique est l'état des **réactions réversibles** dans lequel les **concentrations des réactifs et des produits restent constantes** dans le temps à conditions données.

2.2. Caractéristiques de l'état d'équilibre chimique

L'équilibre d'un système chimique est **dynamique**: la transformation directe a toujours lieu mais est constamment compensée par la réaction inverse. Il se forme alors par unité de temps la même quantité de matière de réactifs qu'il n'en disparaît pour former les produits.

Perturbation de l'équilibre d'un système chimique. Si un système en équilibre est soumis à une perturbation, ce système réagit en essayant de compenser cette perturbation. Une modification des conditions opératoires d'un équilibre chimique, pourra favoriser la réaction directe ou inverse. La composition du mélange réactionnel à l'état d'équilibre change.

Les conditions à modifier pour perturber l'équilibre chimique sont:

- ajout ou extraction de l'un des constituants du mélange réactionnel;
- augmentation ou diminution de la pression (pour un système gazeux);
- augmentation ou diminution de la température (pour favoriser les réactions endo ou exothermiques).

Rupture de l'équilibre pour un système hétérogène.

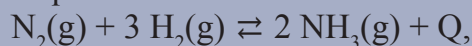
3. Pourquoi et comment déplacer l'équilibre chimique?

3.1. Lisez les Documents 1. et 2. Répondez aux questions.

La production industrielle de l'ammoniac se fait essentiellement par synthèse directe à partir de dihydrogène et de diazote. L'hydrogène peut venir du méthane et l'azote de l'air.

...

Pour produire une quantité significative d'ammoniac selon l'équation chimique à l'équilibre:



il faut déplacer son équilibre vers la droite. Pour y parvenir, il faut imposer une pression élevée, maintenir une température faible (puisque la réaction est exothermique), et retirer régulièrement de l'ammoniac. En pratique, la réaction est cependant très lente à basse température. Elle se fait donc à une température plus élevée (environ 450 °C) en utilisant un catalyseur qui augmente la vitesse de la réaction et permet d'obtenir une quantité appréciable d'ammoniac dans un temps satisfaisant. De plus, pour des raisons de coûts, la transformation des réactifs est incomplète (de l'ordre de 15 %), mais il est possible de recycler les réactifs qui n'ont pas réagi.

Document 1. Le procédé Haber-Bosch²

2 <https://www.techno-science.net>

L'ammoniac est une matière première utilisée dans la production de tissus synthétiques ou d'engrais chimiques, et représente une production mondiale annuelle de 150 millions de tonnes. Il est synthétisé aujourd'hui à partir d'hydrogène et d'azote gazeux par la méthode de Haber-Bosch, qui requiert des températures de 400 à 650 degrés et des pressions entre 200 et 400 atmosphères, rendant donc ce processus très énergivore. La production d'hydrogène à partir de gaz naturel par vaporeformage est aussi un processus consommateur d'énergie et émetteur de CO₂.

La méthode développée par l'équipe du Pr Nishibayashi (Nature 568, 536–540 (2019)), synthétise quant à elle l'ammoniac dans des conditions de température et pression ambiantes et ne nécessite pas d'apport en hydrogène. L'utilisation d'un catalyseur contenant du molybdène et d'une solution liquide de l'iodure de samarium permet de former une grande quantité d'ammoniac à partir d'azote gazeux, des alcools et de la solution aqueuse de l'iodure de samarium (SmI₂), le mécanisme chimique n'étant pas complètement déterminé.

...

L'équipe s'attache par ailleurs à diminuer les besoins énergétiques du processus, en utilisant par exemple l'électricité fournie par des énergies renouvelables. Son objectif est de développer une technologie bon marché, facilement disponible et à faible impact environnemental.

Document 2. La méthode de l'équipe du Pr Nishibayashi³

3.1.1. Dans l'industrie, quel intérêt y a-t-il à déplacer l'équilibre de la réaction de synthèse de l'ammoniac?

.....

3.1.2. Identifiez les conditions optimales pour la production de l'ammoniac.

.....

3.1.3. Quel est l'objectif de l'équipe du Pr. Nishibayashi..

.....

3.1.4. Relevez trois avantages de la méthode japonaise de synthèse de l'ammoniac.

.....

³ <https://www.diplomatie.gouv.fr>

3.2. Lisez le Document 3. et répondez aux questions.

Les couleurs des Hortensias

Parmi les Hydrangea, les H. macrophylla (Hortensia) et serrata changent de couleur en fonction du sol. C'est une chance dont il faut profiter.

On peut, grâce à un choix judicieux, installer dans le jardin toute une gamme de couleurs allant, soit du rouge le plus profond au rose pâle et au blanc, soit du violet le plus sombre (presque noir) au bleu le plus lumineux, ou au bleu clair opalescent et blanc.

Il sera toujours possible de mélanger toutes ces couleurs en plantant des variétés adéquates par zone et en amendant les sols à la plantation, puis régulièrement.

...

Les Hortensias roses resteront roses dans un sol neutre. Ils possèdent un pigment rose appelé delphinidine (car il a été découvert chez le delphinium). Lorsque le pH du sol devient acide, ce pigment combiné à l'aluminium devient bleu. Pour une même variété, la couleur des hortensias varie donc selon les conditions de plantation. Les Hortensias bleus sont donc des variétés roses cultivées en sol acide. Acidité: pH 4 à 5: les variétés rose clair évoluent vers du bleu clair, les rose vif vers du bleu soutenu, les rouges vers du violet. Pour augmenter l'acidité du sol, on l'amende avec un apport d'alumine (sulfate d'alumine, alun de potasse).



Image 1.17.

Document 3. Les couleurs des Hortensias⁴

4 <https://www.hortensia-hydrangea.fr>

3.2.1. Quel facteur peut modifier l'équilibre chimique du sol.

.....
.....

3.2.2. En vous rapportant aux conditions de déplacement de l'équilibre chimique citées au point 2.2., reliez ce paramètre à l'une des conditions de modification de l'équilibre de la transformation.

.....
.....

3.2.3. Pourquoi modifie-t-on l'équilibre chimique du sol?

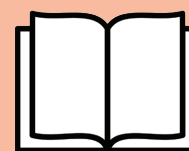
.....
.....

3.2.4. Comment modifie-t-on le pH du sol?

.....
.....

6. Dissolution. Solubilité**7. Propriétés colligatives des solutions****8. Dissociation électrolytique****9. La conductivité électrique des solutions****10. Dissociation de l'eau. pH****11. Acides bases et sels****12. Réactions chimiques entre solutions aqueuses d'électrolytes****13. Hydrolyse des sels****14. Processus d'oxydoréduction****15. Processus d'oxydoréduction en solutions aqueuses****Notions de base:**

- solution sursaturée
- pression de vapeur saturante
- diffusion
- osmose
- pression osmotique
- électrolytes
- dissociation électrolytique
- hydrolyse
- processus d'oxydoréduction
- oxydant
- réducteur



1. Définition d'une solution

La **solution** est un mélange homogène d'au moins deux substances. La substance qui détermine l'état physique du mélange ou celle qui est en plus grande quantité est appelée solvant. La ou les substances dont les particules sont uniformément réparties entre les molécules du solvant sont appelées des **solutés**.

Le **soluté** peut être une substance de structure moléculaire, ionique ou atomique.

Exemples: le sucre, le sel de cuisine, la soude, l'acide citrique, les vitamines, etc.

Le **solvant** est une substance moléculaire, d'habitude un liquide, dans lequel le soluté se dissout.

Exemples: l'eau, l'alcool, l'huile...

Exercice 1. Remplissez le tableau 1. en notant l'état physique des solutés et des solvants pour chaque exemple.

État physique de la solution	État physique du soluté	État physique du solvant	Exemples
Liquide			le dioxyde de carbone dans l'eau
			l'alcool dans l'eau
			le sucre dans l'eau
Solide			l'hydrogène dans le palladium
			le mercure dans l'or
			le carbone dans l'acier

Tableau 1. Classification des solutions en fonction de l'état physique des substances

Exercice 2. Exemples de solutions.

Reconstituez les phrases ci-dessous en remplissant les trous. Choisissez entre:

l'acide acétique; le dioxyde de carbone; le chlorure d'hydrogène; l'eau; l'acide citrique; le sucre; les ions calcium, magnésium, potassium, etc.

L'eau de mer est une solution aqueuse dont le solvant est et les principaux solutés sont

Le vinaigre est une solution aqueuse dont le solvant est et le principal soluté est

L'acide chlorhydrique est une solution aqueuse dont le solvant est et le soluté est

La limonade est une boisson gazeuse dont le solvant est et les solutés principaux sont,et

2. La dissolution

La dissolution est le procédé de la répartition uniforme des particules du(des) soluté(s) entre les molécules du solvant.

Le solvant le plus réparti dans la nature et le plus utilisé par l'homme est l'eau. Les solutions de l'eau s'appellent des solutions aqueuses.

Dissolution des substances dans l'eau.

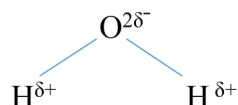
La structure des molécules de l'eau détermine ses propriétés en tant que solvant.

La molécule d'eau est formée de deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène, H_2O .

La molécule d'eau est polaire.

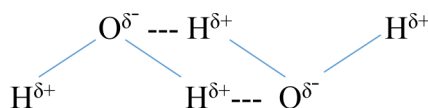
La molécule d'eau est une molécule coudée, (les trois atomes forment un triangle).

La molécule est électriquement neutre, mais les différents atomes qui la constituent portent des charges électriques partielles.



L'atome d'oxygène étant partiellement chargé négativement, il va attirer un atome d'hydrogène (partiellement chargé positivement) d'une autre molécule: cela va former une liaison hydrogène.

Les substances de structures moléculaires polaires, peuvent aisément former des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau. Ces substances sont alors très solubles dans l'eau et on obtient une solution aqueuse.



Un grand nombre de substances de structure ionique sont très solubles dans l'eau. Cela est dû à la formation de liaisons intermoléculaires entre les charges partielles des molécules d'eau et les charges portées par les ions de la substance.

Exemples: La soude, le sel de cuisine, le sulfate de cuivre sont des composés de **structure ionique. Ils sont solubles dans l'eau.**

Le sucre, l'acide acétique, l'acide citrique, l'alcool éthylique sont des composés de **structure moléculaire polaire. Ils sont solubles dans l'eau.**

L'huile d'olive, le beurre, l'essence, le gaz naturel sont des composés de **structure moléculaire non-polaire (ou apolaires). Ils sont insolubles dans l'eau.**

La capacité d'une substance à se dissoudre dans une autre substance dépend de la structure des deux substances mises en jeu. D'où la règle générale pour la solubilité:

Les substances semblables se dissolvent entre elles.

3. La solubilité

La solubilité est la capacité d'une substance, appelée soluté, à se dissoudre dans une autre substance, appelée solvant, pour former un mélange homogène appelé solution.

Suivant leur solubilité les substances se divisent en trois grandes catégories : très solubles, peu solubles, pratiquement insolubles.

La solubilité correspond à la concentration massique d'une espèce lorsque la solution est dite saturée.

La solubilité s'exprime généralement en grammes de soluté pour 100 g d'eau (ou autre solvant) pour préparer une solution saturée.

4. Paramètres influençant la solubilité

4.1. La température

Exercice. Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la solubilité de deux sels $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ et K_2SO_4 en fonction de la température.

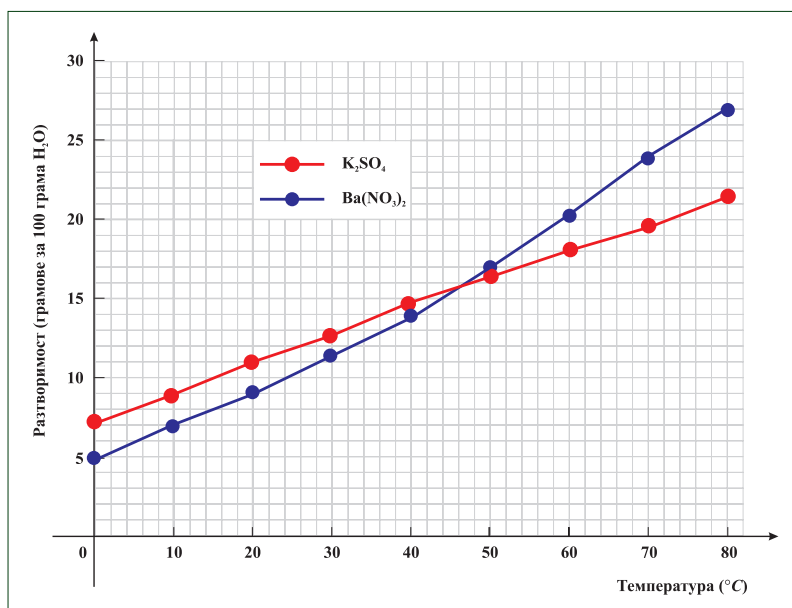


Image 2.1.

A) À 80°C, 25 g de $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ et 25 g de K_2SO_4 ont été placés dans deux récipients différents contenant chacun 100 g d'eau. Lequel des deux sels peut être complètement dissous à cette température?

B) Lequel des deux sels a la solubilité la plus élevée à 20°C?

C) À quelle température (°C) un maximum de 7 g de $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ peut être dissous dans 100 g d'eau¹?

¹ Exercice de l'examen d'état de chimie, le 30 mai 2019

4.2. La pression

Pour un soluté gazeux, lorsque la pression appliquée augmente, la solubilité augmente elle aussi (voir la Loi de Henry).

Exercice. L'image ci-dessous montre l'évolution de la solubilité du dioxygène dans l'eau douce en fonction de la température pour différentes pressions.

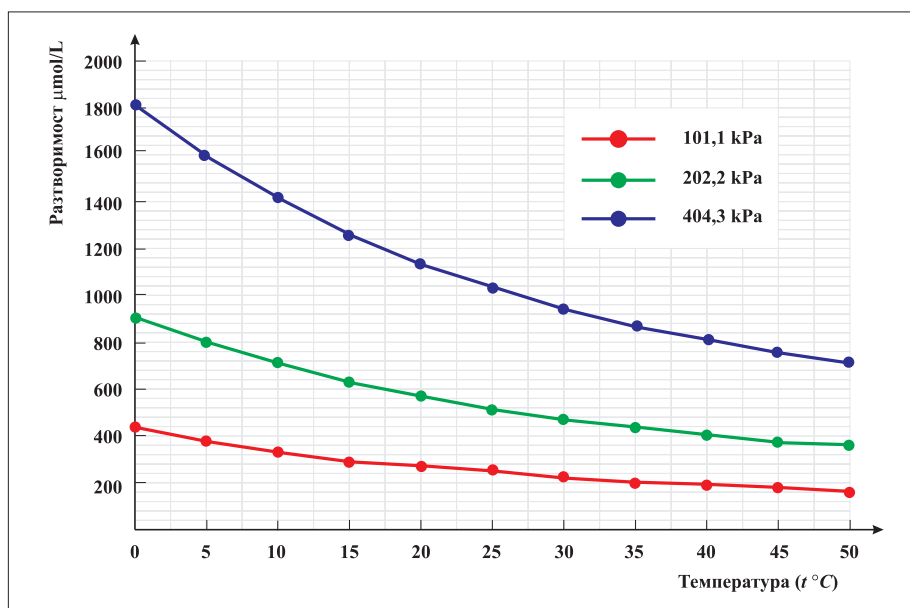


Image 2.2.

En utilisant les données de la figure, répondez aux questions:

A) Comment la solubilité de l'oxygène dans l'eau évolue-t-elle lorsque la pression du milieu augmente?

B) Comment la solubilité de l'oxygène dans l'eau évolue-t-elle lorsque la température du milieu diminue?

C) Pour une pression de 202,2 kPa, à quelle température correspond une solubilité de l'oxygène d'environ 800 µmol/L?

D) Pour une température fixée, précisez la pression à laquelle la solubilité du dioxygène dans l'eau est la plus faible: 101,1 kPa; 202,2 kPa ou 404,3 kPa?

5. Types de solutions chimiques

Exercice. Compléter les propositions suivantes a), b) et c) en utilisant les expressions A., B. et C.

Une solution peut être:

A) saturée: à température et pression données, une solution saturée est une solution

B) insaturée: une solution insaturée est une solution, dans les conditions expérimentales utilisées;

C) sursaturée: une solution sursaturée est une solution que celle qui correspond à la limite de saturation.

A. contenant une plus grande quantité de soluté dissoute

B. qui peut dissoudre plus de soluté

C. qui ne peut plus dissoudre de soluté

6. La concentration des solutions

6.1. La fraction massique

La fraction massique permet d'exprimer la proportion massique des différentes espèces chimiques présentes dans un système chimique.

La fraction massique peut se faire grâce à la formule suivante:

$$w(\text{soluté}) = \frac{m(\text{soluté})}{m(\text{solution})}$$

ou

$$w(\text{soluté})\% = \frac{m(\text{soluté})}{m(\text{solution})} \times 100$$

Les deux masses ($m(\text{soluté})$ et $m(\text{solution})$) étant dans la même unité (en gramme, en kilogramme...), la fraction massique n'a pas d'unité.

Exercice. Pour préparer votre savon maison vous avez besoin de 58g de la soude caustique. Malheureusement, dans le magasin de bricolage vous n'avez trouvé que de la soude en solution de 30%. Calculez la masse de la solution qui vous est nécessaire.

6.2. La Concentration molaire

La concentration molaire représente le nombre de moles (appelée quantité de matière) d'un soluté contenues dans un litre d'une solution. On l'exprime en mol/L.

$$c = \frac{n}{V} = \frac{\text{quantité de matière de soluté en mol}}{\text{volume de la solution en litre}}$$

Exercice 1. La notice d'une boîte de « Magnésium et vitamines » indique qu'un comprimé contient: 400 mg de magnésium (Mg), 120 mg de vitamine C (acide ascorbique $C_6H_8O_6$), 36 mg de vitamine E, 5 μ g de vitamine B12.

- A) Déterminez les masses molaires du magnésium et de la vitamine C.
- B) Déterminez les quantités de matière du magnésium et de la vitamine C présentes dans le comprimé.
- C) Déterminez les concentrations molaires en magnésium et en vitamine C dans 150 ml de solution obtenue par dissolution d'un comprimé dans un verre d'eau.

Exercice 2. À 20 °C la solubilité dans l'eau du paracétamol ($C_8H_9NO_2$) est de 14 g/L: cela signifie qu'il peut s'en dissoudre 14,00 g dans 1000 mL de solution. Pour une masse supérieure de paracétamol, la solution de volume 1000 mL est dite « sursaturée ».

On prépare, à 20°C, 200 mL de solution de paracétamol à partir de 4,00 g de cristaux de paracétamol pur.

- A) La solution ainsi préparée est-elle saturée ou non? Justifiez votre réponse par un calcul.
- B) Calculez la masse molaire du paracétamol. Déterminez la quantité de matière du paracétamol dans la solution préparée.
- C) Déterminez la concentration molaire de la solution préparée.

1. Propriétés colligatives des solutions

Les propriétés des solutions aqueuses dépendent de la nature des solutés. Par exemple, la solution d'alcool éthylique a un goût brûlant, tandis que la solution de sucre aura un goût doux.

Les solutions possèdent des propriétés qui ne dépendent pas de la nature du soluté mais de sa concentration dans la solution. Par exemple, les solutions d'alcool éthylique et de sucre d'une même concentration possèdent certaines propriétés communes appelées propriétés colligatives.

Les propriétés colligatives comprennent:

- l'abaissement de la pression de vapeur saturante de la solution;
- l'élévation de la température d'ébullition de la solution;
- l'abaissement de la température de fusion (ou température de solidification ou température de congélation) de la solution;
- les propriétés des solutions liées aux processus diffusion et osmose.

2. Pression de vapeur saturante

Au-dessus de chaque liquide il y a des vapeurs de ce même liquide. À une température et une pression déterminées les processus de vaporisation et de condensation sur la surface du liquide sont en équilibre. On parle alors de vapeurs saturées du liquide. La pression exercée par les vapeurs saturées sur le liquide s'appelle pression de vapeur saturante.

Dans le cas des solutions, la surface du liquide (solvant) contient des molécules du solvant et des particules du/des soluté/s. Ces particules du/des soluté/s déterminent un abaissement de la pression des vapeurs saturantes du solvant au-dessus de la solution.

La pression de vapeur d'une solution est plus basse que la pression de vapeur d'un solvant pur.

L'abaissement de la pression de vapeur dépend de la concentration de la solution. Plus la concentration est grande, plus la pression de vapeur du solvant est basse.

3. Température de congélation

La température à laquelle la pression de vapeur d'une substance à l'état liquide devient égale à la pression de vapeur à l'état solide de cette substance est sa température de congélation. Les températures de congélation des solutions aqueuses sont plus basses que la température de congélation de l'eau. L'abaissement de la température de congélation dépend de la concentration de la solution. Plus la concentration est grande, plus la température de congélation de la solution est basse.

4. Température d'ébullition

La température à laquelle la pression de vapeur d'une substance à l'état liquide devient égale à la pression de vapeur de l'état gazeux de cette substance est sa température d'ébullition.

Les températures d'ébullition des solutions aqueuses sont plus hautes que la température d'ébullition de l'eau. L'accroissement de la température d'ébullition dépend de la concentration de la solution. Plus la concentration est grande, plus la température d'ébullition de la solution est élevée.

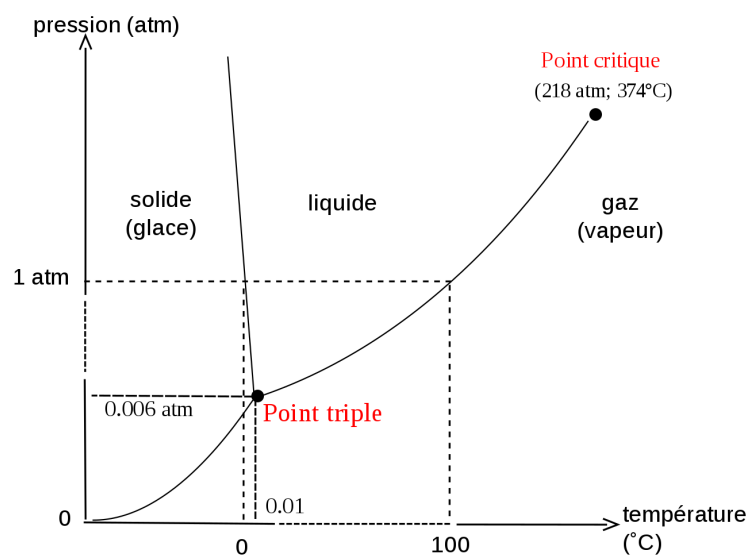


Image 2.3. Diagramme de phase de l'eau³

5. Diffusion

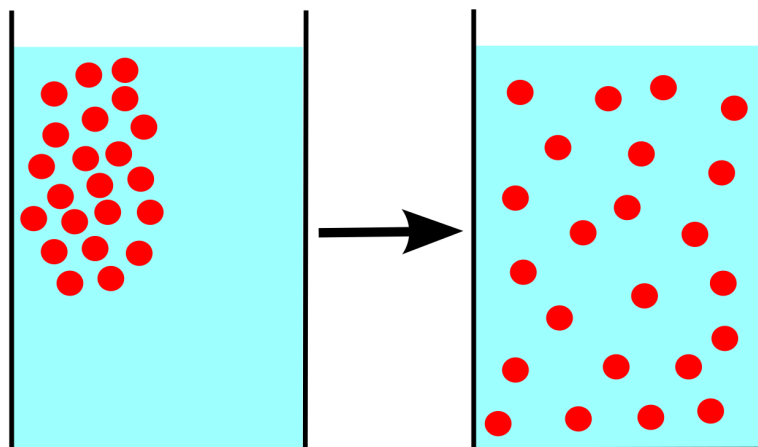


Image 2.4. Diffusion⁴

En chimie la diffusion désigne le mouvement spontané des particules du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré. La diffusion est un processus qui tend à homogénéiser la solution.

³ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diag_eau.svg

⁴ By JrPol - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4586487>

6. Osmose

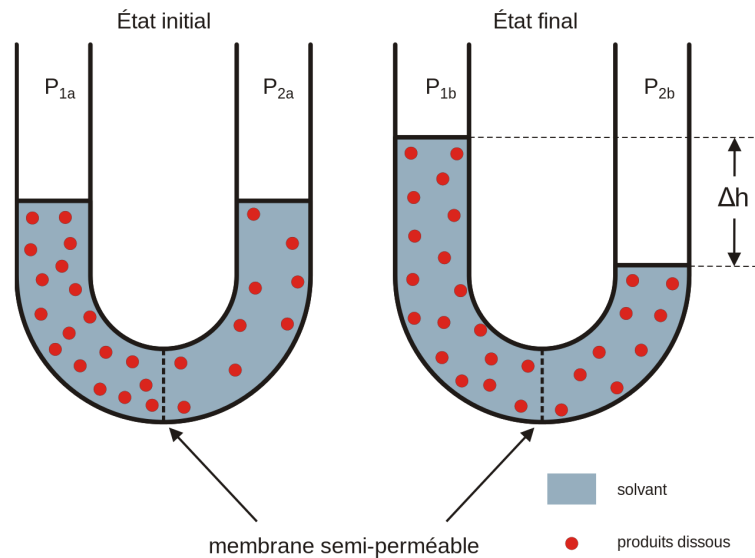


Image 2.5. Principe de l'osmose⁵

L'osmose est le processus de transfert de molécules du solvant par une membrane semi-perméable (ne laissant passer que le solvant) entre deux solutions liquides de concentrations différentes. Le transfert du solvant se fait de la solution moins concentrée vers la solution plus concentrée jusqu'à l'état d'équilibre. La différence entre les deux niveaux des liquides des deux côtés de la membrane semi-perméable crée une pression désignée comme pression hydrostatique. La pression osmotique est égale à la valeur de la pression hydrostatique s'opposant à l'osmose.

7. Importance de la solubilité des substances et des propriétés colligatives des solutions pour les organismes vivants et pour la pratique.

Faites une recherche et répondez aux questions suivantes:

Pourquoi les canards restent-ils secs dans l'eau?

Pourquoi ajoute-t-on du sel quand on cuit des œufs?

Nommez et expliquez le procédé qui se produit quand on trempe les raisins secs dans l'eau.

Qu'est-ce que la solution isotonique et quelle est son importance en médecine?

Qu'est-ce qu'une boisson isotonique?

Comment l'osmose inverse purifie-t-elle l'eau?

⁵ Par © Hans Hillewaert, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11573252>

Le chimiste suédois Svante Arrhenius a proposé en 1887 la théorie de la dissociation électrolytique pour expliquer les propriétés conductrices des solutions contenant certaines substances.

D'après cette théorie la dissolution de certaines substances dans l'eau est suivie de leur décomposition en ions. Ce processus est le résultat de l'interaction entre les molécules de l'eau et les particules de la substance qui se dissout. Cette transformation est appelée la dissociation électrolytique, les substances sont appelées les électrolytes.

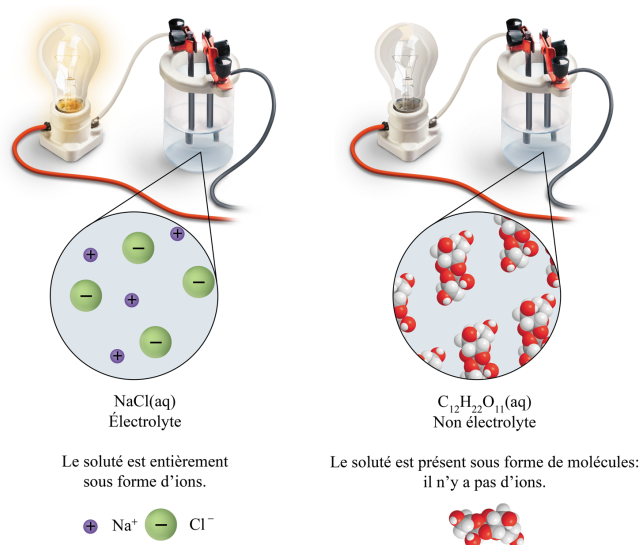


Image 2.6. Électrolytes et non électrolytes⁶

1. Électrolytes et non électrolytes

A) Les électrolytes sont des composés chimiques dont les solutions aqueuses contiennent des ions. À cause de la présence de particules chargées: les ions, les solutions d'électrolytes sont conductrices d'électricité.

Les groupes des électrolytes sont les acides, les bases et les sels.

Les acides ont une structure moléculaire. Sous l'action de l'eau la liaison covalente la plus polarisée dans leurs molécules se rompt et un cation hydrogène (un proton) H^+ est libéré. Les ions issus des molécules des acides sont entourés par des molécules d'eau, ils s'hydratent. La dissolution est ionique.

Les bases et les sels ont une structure cristalline ionique. En contact avec les molécules de l'eau leurs cristaux se décomposent. Les liaisons ioniques se rompent et les ions libres sont alors dispersés dans la solution. Les ions s'hydratent. La dissolution est ionique.

⁶ <http://monde.ccdmd.qc.ca/media/image1024/126429.jpg>

B) Une substance non électrolytique est une substance qui, lorsqu'elle est en solution, ne laisse pas passer le courant électrique.

C'est en général une espèce chimique de structure moléculaire, soluble dans l'eau. La dissolution est moléculaire, la solution ne contient pas d'ions du soluté.

Le sucre (le saccharose) et l'alcool (l'éthanol) sont tous deux des exemples de substances non électrolytiques. Leurs solutions ne permettent pas le passage du courant électrique.

2. Dissociation électrolytique

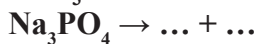
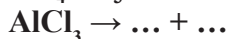
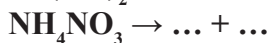
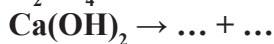
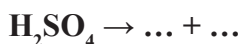
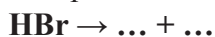
Remplissez les trous dans les expressions suivantes qui expliquent les deux étapes de la dissociation électrolytique.

Les électrolytes se en ions en dissolution.

Les ions libres sont par les molécules de l'eau.

3. Expression de la dissociation électrolytique.

Complétez les équations de la dissociation des électrolytes suivantes:



4. Ions

Classez les ions que vous avez écrits dans les équations du point 3. dans le tableau suivant.

Types d'ions	Monoatomiques			Polyatomiques		
	Monovalents	Bivalents	Trivalents	Monovalents	Bivalents	Trivalents
Cations						
Anions						

Tableau 1. Types d'ions

1. Le degré de dissociation électrolytique

Le degré de dissociation électrolytique est la fraction entre la quantité de matière d'électrolyte décomposé en ions (a) et la quantité de matière totale de la substance électrolytique dans la solution (A).

$$\alpha = a/A$$

où: α – degré de dissociation électrolytique,

A – quantité de matière dissoute,

a – quantité de matière décomposée en ions.

Le degré de dissociation peut être exprimé en fraction unitaire et en pourcentage.

D'après le degré de dissociation, on distingue les électrolytes forts, faibles et de force moyenne.

2. Les électrolytes forts et les électrolytes faibles

2.1. Les électrolytes forts possèdent un degré de dissociation α supérieur à 30 % dans la solution aqueuse. Ce sont:

- des acides minéraux forts: HCl, HBr, HI, HClO₄, HClO₃, H₂SO₄ (dil.), HNO₃, HMnO₄
- des hydroxydes basiques: LiOH, NaOH, KOH, CsOH, RbOH, FrOH, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂, Ra(OH)₂
- presque tous les sels solubles.

2.2. Les électrolytes faibles possèdent un degré de dissociation α inférieur à 3 % dans la solution aqueuse. Ce sont:

- les acides et les bases organiques (CH₃COOH, C₆H₅OH, etc.)
- les acides faibles (H₂S, H₂CO₃)
- des composés binaires (H₂O)
- l'hydroxyde d'ammonium NH₄OH

2.3. Les électrolytes de force moyenne possèdent un degré de dissociation α de 3 à 30 %.

Les acides phosphorique, sulfureux et oxalique possèdent un $\alpha \approx 30\%$.

1. L'eau est un électrolyte très faible

Les molécules de l'eau sont polaires. Les charges opposées des différentes molécules s'attirent. Le résultat des interactions entre les molécules de l'eau, est que certaines d'entre elles se décomposent en ion hydrogène et ion hydroxyde. L'équation de cette transformation est la suivante:



Cette équation est l'expression de la **dissociation électrolytique de l'eau**. À température ambiante, il y a environ une molécule dissociée sur 555 millions. Pour exprimer la concentration molaire des ions dans l'eau pure on utilise:

$$c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

2. Potentiel hydrogène pH

Lors de la dissolution d'un acide dans l'eau:

$$c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$$

$$c(\text{H}^+) > 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

La solution est acide.

Lors de la dissolution d'une base dans l'eau:

$$c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$$

$$c(\text{H}^+) < 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

La solution aqueuse est basique.

Par conséquent le caractère chimique (acide ou basique) d'une solution aqueuse peut être caractérisé par la concentration des ions hydrogène.

Pour éviter l'utilisation d'exposants négatifs élevés, on utilise la fonction mathématique logarithme décimale négatif de la concentration des ions hydrogène dans la solution qu'on appelle **potentiel hydrogène pH**:

$$\text{pH} = - \lg c(\text{H}^+)$$

Solution neutre: pH = 7

Solution acide: pH < 7

Solution basique: pH > 7

Exemples:

Dans l'eau pure:



$c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, pH = 7, le milieu est neutre.

Dans la solution de la soude:



$c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$, $\text{pH} > 7$, le milieu est basique.

Dans la solution de l'acide chlorhydrique:

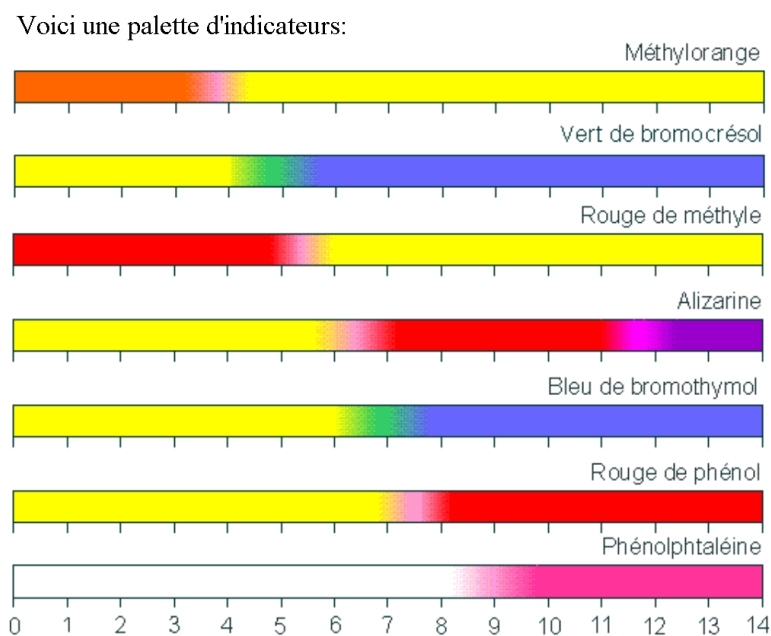


$c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, $\text{pH} < 7$, le milieu est acide.

3. Mesure du pH

3.1. Solutions d'indicateurs colorés de pH. Les indicateurs colorés de pH sont des substances dont la couleur change en fonction du pH de la solution (neutre, acide ou basique).

Image 2.7. La palette d'indicateurs⁷



⁷ http://vaenp1.synology.me/Chimie_cours/Acides_bases/Images/coul_indicateurs.gif

3.2. Papier pH. C'est une bande de papier imprégnée de solution d'indicateur coloré.



Image 2.8. Le papier pH⁸

Exercice 1: Vous avez deux solutions aqueuses et du papier pH. L'une des solutions est de l'acide chlorhydrique.

Décrivez en quelques phrases l'expérience à réaliser pour identifier la solution d'acide chlorhydrique.

.....

Exercice 2: Observez la photo.



Image 2.9. Deux erlenmeyers contenant de la Phénolphtaléine⁹.

⁸ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paper_.jpg

⁹ La photo a été prise par Petar Petrov

On parle généralement de pluie acide lorsque le pH de l'eau de pluie est inférieur à 5, 6.

- Sur l'image, y a-t-il des valeurs de pH neutre ou basique?
.....
- Quel gaz atmosphérique peut être responsable de l'acidification des pluies?
.....
- Identifiez les villes bulgares ayant subies des pluies acides en juin 2021.
.....

5. Le pH des liquides corporels

Liquide	pH
Bile	7,6 - 8,6
Liquide céphalo-rachidien	7,4
Liquide séminal	7,2 - 7,6
Salive	6,35 - 6,85
Sang	7,35 - 7,45
Sécrétions vaginales	3,5 - 4,5
Suc gastrique	1,2 - 3,0
Suc pancréatique	7,1 - 8,2
Urine	4,6 - 8,0

Tableau 1. pH de quelques liquides dans le corps humain

5.1. Examinez le tableau 1. et répondez aux questions.

- D'après les données du tableau 1., quel liquide corporel est le plus acide?
.....
- D'après les données du tableau 1., quel liquide corporel est le plus basique?
.....

5.2. L'acidose est un trouble de l'équilibre acido-basique, désignant un état pathologique dû à une baisse du pH du sang, qui devient inférieur à la normale.

L'acidose est provoquée par une surproduction d'acides qui s'accumulent dans le sang ou une perte excessive de bicarbonates du sang (acidose métabolique) ou par l'accumulation de dioxyde de carbone dans le sang à cause d'une mauvaise fonction pulmonaire ou d'une dépression respiratoire (acidose respiratoire)¹².

¹² James L. Lewis III, MD, <https://www.msdmanuals.com/fr>

Prouvez par des équations chimiques que l'accumulation de dioxyde de carbone dans le sang peut amener à une acidose.

- D'abord écrivez l'équation chimique de la réaction entre l'eau et le dioxyde de carbone.

.....
.....

- Ensuite écrivez l'équation chimique de la dissociation ionique (électrolytique) de l'acide obtenu.

.....
.....

- Enfin répondez à la question:

Parmi les ions obtenus, quel est celui qui est responsable de la baisse du pH du sang?

.....
.....

1. Acides

Rappel avec deux exemples.

Exemple 1.

Donner le nom du principal acide constituant le suc gastrique?

.....

Ecrivez la formule chimique de cet acide.

.....

Exemple 2.

Expliquez pourquoi certaines pluies sont dites acides.

.....

Les oxydes de soufre sont des oxydes acides. Ils font partie des substances responsables des pluies acides. Ecrivez les équations chimiques de la transformation de ces oxydes en acides. Indiquez les noms des deux acides.

..... + →
acide

..... + →
acide

En solutions aqueuses, les acides se dissocient en ions. Écrivez les équations de dissociation des acides des deux exemples précédents.

.....
.....
.....
.....

Écrivez la formule et le nom de l'ion commun.

nom formule

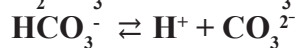
1.1. Définition d'un acide selon la théorie de la dissociation électrolytique d'Arrhenius

Un acide est une substance de structure moléculaire qui, en solution aqueuse, se décompose en cation(s) hydrogène et anion acide.

1.2. Dissociation en ions

Les acides se distinguent par le nombre de cations hydrogène que peut libérer une molécule de l'acide. L'acide chlorhydrique est un monoacide, l'acide sulfurique est un diacide, tandis que l'acide phosphorique est un triacide (polyacide). La dissociation des polyacides se réalise par étapes.

La dissociation de l'acide carbonique s'effectue en deux étapes.



Sur le même modèle, écrivez les équations de dissociation de l'acide sulfurique par étapes.

.....

1.2. Reconstituez les affirmations 1.3. et 1.4. pour les propriétés des acides.

Les acides possèdent des communes. Elles sont déterminées par les dans leurs solutions aqueuses.

Les acides des propriétés spécifiques. Elles sont déterminées par les dans leurs solutions aqueuses.

Écrivez le nom des acides suivants:

- | | | | | | |
|--------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| a) HClO_4 | b) H_2SO_3 | c) HNO_2 | d) H_3PO_4 | e) HBr | f) CH_3COOH |
| a) | b) | c) | d) | e) | f) |
| d) | e) | | | | |

2. Bases

Rappel avec deux exemples.

Exemple 1.

La soude caustique est un produit de l'industrie chimique avec des applications diverses dont par exemple, la production de savons.

Écrivez le nom chimique de la soude caustique.

Écrivez la formule chimique de ce composé.

Exemple 2.

La chaux éteinte est un produit chimique issu du calcaire. Elle sert à la construction (hourdage, bétons...), à l'élaboration d'enduits et de couleurs minérales. Dans le jardinage, elle est utilisée pour la neutralisation des sols acides.

Écrivez le nom chimique de la chaux éteinte.

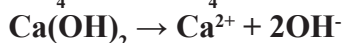
Écrivez la formule chimique de ce composé.

2.1. Définition d'une base du point de vue de la théorie de la dissociation électrolytique d'Arrhenius

Une base est une substance de structure ionique dont la solution aqueuse contient des cations métalliques (ou ammonium) et des anions hydroxyde. Les hydroxydes basiques sont appelés bases.

2.2. Dissociation en ions

Examinez les équations de la dissociation des hydroxydes donnés ci-dessous. Sur le même modèle, écrivez les équations de la dissociation de l'hydroxyde de potassium et de l'hydroxyde de magnésium.



2.3. Reconstituez les affirmations 2.3. et 2.4. pour les propriétés des bases.

Les bases possèdent des communes. Elles sont déterminées par les dans leurs solutions aqueuses.

Les bases des propriétés spécifiques. Elles sont déterminées par les dans leurs solutions aqueuses.

3. Sels

Rappel avec deux exemples.



Image 2.12.

Le sel de qualité alimentaire est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium. Il peut provenir de marais salants ou de sel gemme et répond à des critères de qualité strictement déterminés.

Écrivez le nom chimique du sel de cuisine.

Écrivez la formule chimique de ce composé.

Exemple 2.



Image 2.13.

Le sel d'Epsom (sulfate de magnésium), à différencier du sel de table, est un composé de magnésium, de soufre et d'oxygène. Une mole du sel d'Epsom contient 7 moles d'eau. Le sel d'Epsom était traditionnellement utilisé pour "nettoyer" le corps et soulager les troubles digestifs. Découvert au 17^{ème} siècle, ce sel a pris son nom de la fontaine de la ville Epsom en Angleterre, dont l'eau très riche en sel permettait d'en extraire une grande quantité.

Écrivez le nom chimique du sel d'Epsom.

Écrivez la formule chimique de ce composé.

3.1. Définition du point de vue de la théorie de la dissociation électrolytique d'Arrhenius

Un sel est une substance de structure ionique qui en solution aqueuse ou en état fondu à l'état liquide libère des cations métalliques (ou l'ion ammonium) et des anions acides.

Les sels peuvent être examinés comme le produit de la neutralisation d'une base avec un acide.

La formule chimique d'un sel débute par un métal et se termine par un non-métal ou par un groupe d'atomes.

Exemple: chlorure de sodium (NaCl).

La formule d'un sel peut également débiter par le groupe d'atomes NH_4^+ (l'ion ammonium) qui pourra être lié à un non-métal ou à un groupe d'atomes.

3.2. Dissociation en ions

Examinez les équations de la dissociation des sels données ci-dessous.



Nommez les sels:

AgNO_3

KMnO_4

CuSO_4

Écrivez les équations de leur dissociation

.....

Les acides, les bases et les sels sont des électrolytes. Leurs solutions aqueuses contiennent des ions hydratés en mouvement libre. Lorsqu'on mélange deux solutions d'électrolytes une transformation chimique peut avoir lieu en fonction des propriétés des ions que les deux solutions contiennent.

1. Formation de précipité

La solubilité des électrolytes est différente. Par exemple l'hydroxyde de sodium est très soluble dans l'eau, tandis que l'hydroxyde d'aluminium est pratiquement insoluble dans l'eau.

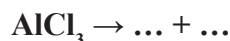
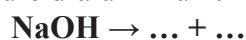
Observez la photo ci-dessous qui illustre la réaction entre la solution d'hydroxyde de sodium (liquide incolore et limpide) et la solution du chlorure d'aluminium (liquide qui est aussi incolore et limpide).



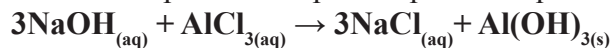
Image 2.14.¹³

En mélangeant les deux solutions limpides on observe la formation d'un précipité blanc. Les ions hydroxyde se lient aux ions aluminium car l'hydroxyde d'aluminium n'est pas soluble dans l'eau.

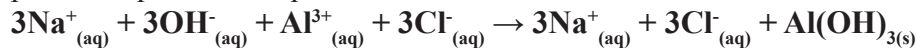
Écrivez les équations de la dissociation électrolytique de l'hydroxyde de sodium et du chlorure d'aluminium.



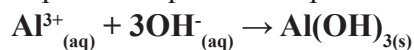
La réaction peut être exprimée par une équation moléculaire:



par une équation ionique:



et par une équation simplifiée:

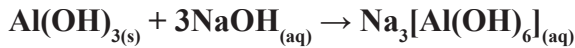


13 La photo a été prise par Petar Petrov

Les ions aluminium réagissent avec les ions hydroxyde pour former un précipité de l'hydroxyde d'aluminium.

C'est **une réaction entre électrolytes avec formation de précipité.**

L'hydroxyde d'aluminium est un hydroxyde amphotère. Ce composé insoluble dans l'eau peut être dissout dans un excès de l'hydroxyde de sodium qui est de même une réaction entre électrolytes avec dissolution de précipité.



Exercice 1: Observez le tableau 1.

La solubilité des sels dépend des anions. Par exemple:

- les nitrates et les acétates sont solubles,
- les halogénures (chlorures, bromures, iodures) sont solubles à l'exception des halogénures d'argent, de plomb et de mercure,
- la plupart des sulfates sont solubles hormis les sulfates de Ca^{2+} , Sr^{2+} et Ba^{2+} .

La solubilité des sels dépend des cations. Selon le cation:

- les sels alcalins et les sels ammonium sont solubles,
- les carbonates et les sulfates de Ca^{2+} , Sr^{2+} et Ba^{2+} sont peu solubles.

Classez les substances suivantes en deux groupes en fonction de leur solubilité. Dans chaque cas, argumentez votre choix.

Substances: chlorure de magnésium, hydroxyde de zinc, nitrate d'argent, sulfure de sodium, sulfate de cuivre, carbonate de cuivre, iodure d'argent, sulfate de baryum.

Substances solubles:

Substances peu solubles:

Exercice 2: Observez le tableau 1. et écrivez et ajustez les équations chimiques des réactions possibles sous aspect moléculaire et ionique.

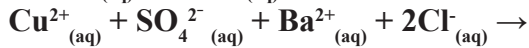
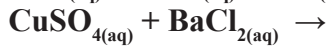
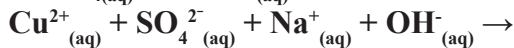
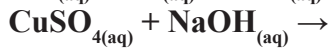
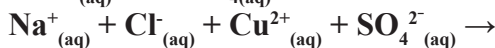
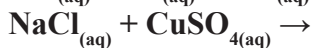
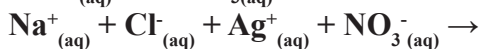


Tableau des solubilités dans l'eau des acides, hydroxydes et sels à 25°C

Cations Anions	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺
OH ⁻		G			▼		□	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Cl ⁻					▼						▼			
Br ⁻					▼						▼			
I ⁻					▼					▼	▼			
S ²⁻	G				▼				▼	▼	▼	▼	▼	RE
SO ₃ ²⁻	G				□	□	□	□	□		▼	□		
SO ₄ ²⁻					□	▼	□				▼			
NO ₃ ⁻														
PO ₄ ³⁻					▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
CO ₃ ²⁻	G				▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	RE	
CrO ₄ ²⁻					▼	▼			▼	▼	▼	▼		

▼ – Composé peu soluble

G – Gaz

□ – Composé partiellement soluble

RE – Réagit avec l'eau

Tableau 1. Solubilité des substances

2. Réactions avec dégagement de gaz

A partir d'image ci-dessous, écrivez l'équation de dissolution du calcaire (carbonate de calcium) par l'acide chlorhydrique sous aspect moléculaire et ionique.

.....

.....

.....

Écrivez l'équation de la précipitation du calcaire de l'eau de chaux et du dioxyde de carbone présentée dans le verre à pied sous aspect moléculaire et ionique.

.....

.....

.....

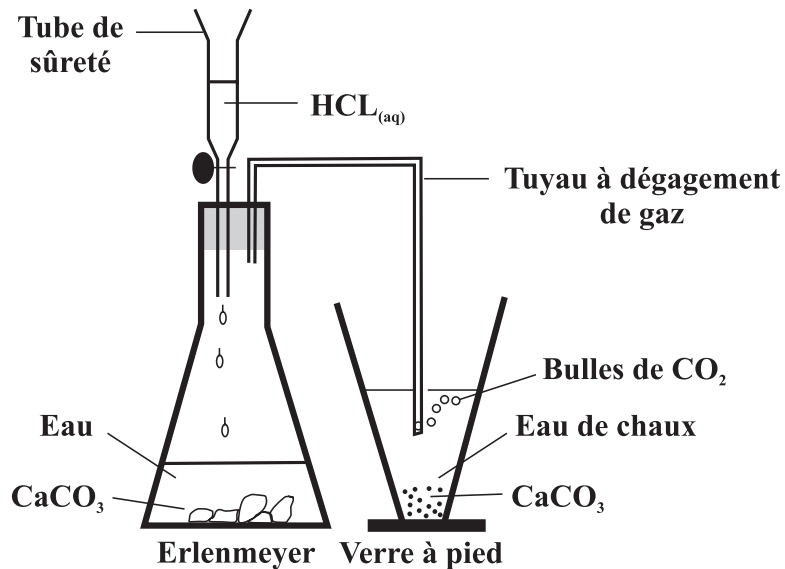


Image 2.15.

3. Réactions avec formation d'électrolyte faible

Exprimez par une équation chimique la neutralisation de l'eau de chaux avec l'acide chlorhydrique sous aspect moléculaire et ionique.

.....

Exprimez par une équation chimique la réaction entre l'acétate de sodium et l'acide chlorhydrique sous aspect moléculaire et ionique. Lequel des produits de la réaction est un électrolyte faible?

.....

4. Test de reconnaissance de quelques ions

Remplissez le Tableau 2. Écrivez la formule et le nom du réactif nécessaire pour tester les ions donnés en utilisant vos connaissances et les informations du Tableau 1.

Réactif, test utilisé	Ion testé	Observations
	Ca^{2+}	Précipité blanc
	Cu^{2+}	Précipité bleu
	Al^{3+}	Précipité blanc

	Pb^{2+}	Précipité jaune
	Cl^-	Précipité blanc qui noircit à la lumière
	Ag^+	Précipité blanc qui noircit à la lumière
	I^-	Précipité jaune
	S^{2-}	Précipité noir
	SO_4^{2-}	Précipité blanc
	CO_3^{2-}	Dégagement de gaz

Tableau 2. Test de reconnaissance de quelques ions

5. L'importance des réactions acido-basiques pour la santé.

« Brûlures d'estomac »

Comment soulager efficacement les brûlures d'estomac ?

- Avec le bicarbonate de sodium

Parmi ses innombrables propriétés, le bicarbonate de soude s'avère également efficace pour lutter contre les brûlures d'estomac.

- Avec un médicament

En cas de brûlures d'estomac occasionnelles, on recherche une action rapide. Un "antiacide" à base de sels d'aluminium, de magnésium, de calcium ou encore de sodium, qui diminue l'acidité du contenu gastrique, est alors adapté. Il agit vite mais pas longtemps, en général pendant 1 à 2 heures. On le prend dès qu'on a mal ou en prévention, juste avant un repas trop copieux. Ces médicaments sont bien tolérés, mais des troubles du transit sont possibles, surtout à des doses élevées (plus de 6 prises par jour). Ceux qui apportent du sodium sont à éviter en cas d'insuffisance cardiaque ou d'hypertension artérielle¹⁴.

Écrivez l'équation chimique de la réaction qui se produit dans l'estomac entre les sucs gastriques et le bicarbonate de soude (NaHCO_3).

.....
Expliquez le soulagement de la douleur:

.....

14 <https://www.santemagazine.fr/traitement/medicaments/six-medicaments-contre-les-brulures-destomac-170746>

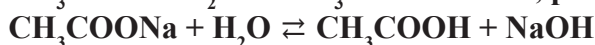
1. Définition

Le mot hydrolyse désigne le rupture d'une liaison (-lyse) par l'action de l'eau (hydro-).

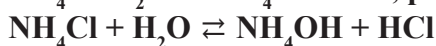
L'hydrolyse du sel est la réaction des ions du sel avec les molécules de l'eau qui amène à la formation des électrolytes faibles, en même temps le pH de la solution change.

2. Cas typiques de l'hydrolyse des sels:

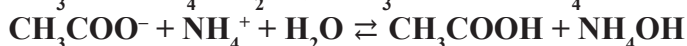
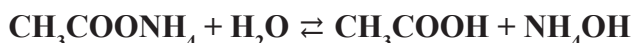
2.1. L'hydrolyse du sel formé par un acide faible et une base forte (Na_2CO_3 , K_2S , CH_3COONa). En cas d'hydrolyse des sels de ce type, la concentration des ions OH^- issus de la dissociation de l'eau est plus importante que la concentration des ions H^+ qui sont liés par les anions du sel. Par conséquent le milieu est basique et on obtient un $\text{pH} > 7$.



2.2. L'hydrolyse du sel formé par un acide fort et une base faible (NH_4Cl , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, CuCl_2). En cas d'hydrolyse des sels de ce type, la concentration des ions H^+ issus de la dissociation de l'eau excède la concentration des ions OH^- qui sont liés par les anions du sel. Par conséquent, le milieu est acide et $\text{pH} < 7$.



2.3. L'hydrolyse du sel formé par une base faible et un acide faible ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$, Al_2S_3). Dans ce cas, le milieu et le pH de la solution dépendent de la force relative des acides et des bases formés.

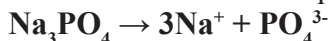


2.4. Les sels formés par un acide fort et une base forte (NaCl , KNO_3) ne s'hydrolysent pas, parce qu'ils ne contiennent pas d'ions capables de lier les ions de l'eau.

3. Exercice

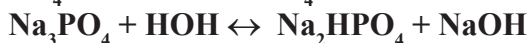
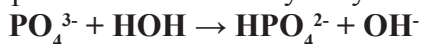
Écrivez les équations moléculaire et iono-moléculaire de l'hydrolyse du sel Na_3PO_4 dans la solution.

Résolution. On écrit l'équation de dissociation du sel:



On détermine par quelle base et quel acide le sel a été formé, le type de l'hydrolyse: Na^+ – le cation de la base forte NaOH , PO_4^{3-} – l'anion de l'acide faible H_3PO_4 , par conséquent, l'hydrolyse du sel est de type anionique.

L'hydrolyse des sels formés par des acides polybasiques faibles se réalise par des étapes. A la température de 298 K l'hydrolyse des sels se réalise principalement à la première étape:



1. Processus d'oxydoréduction

Une réaction chimique dans laquelle se produit un transfert d'électrons entre différents atomes, molécules ou ions est appelée réaction d'oxydoréduction.

L'**Oxydation** est le processus dans lequel une espèce (un atome ou un ion) **libère** un ou plusieurs électrons.

La **Réduction** est le processus dans lequel une espèce (un atome ou un ion) **accepte** un ou plusieurs électrons.

L'oxydation et la réduction se produisent simultanément, lors d'une même réaction chimique, on parle alors de réaction d'oxydoréduction (ou redox).

2. Oxydant et réducteur

L'**Oxydant** est l'espèce chimique qui lors d'une transformation chimique **capte** (**accepte**) un ou plusieurs électrons. L'oxydant est réduit.

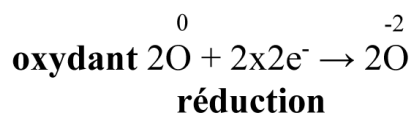
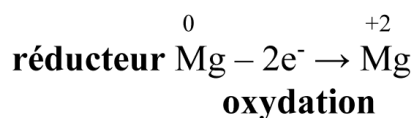
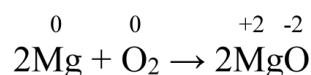
Le **Réducteur** est l'espèce chimique qui lors d'une transformation chimique **cède** (**libère**) un ou plusieurs électrons. Le réducteur s'oxyde.

Le Réducteur Rend des électrons. L'Oxydant en Obtient.

3. Transfert d'électrons

Le nombre d'électrons cédés par le réducteur au cours d'une réaction est égal au nombre d'électrons captés par l'oxydant dans la même réaction chimique.

Exemple:



4. Degré d'oxydation / nombre d'oxydation

Le degré d'oxydation ou également le nombre d'oxydation est égal à la charge qu'aurait un élément chimique si la particule qu'il constitue était complètement ionique.

Dans une réaction d'oxydoréduction le réducteur augmente son nombre d'oxydation et l'oxydant diminue son nombre d'oxydation. (Chaque électron est chargé d'une unité de charge négative.)

Un schéma mnémotechnique:

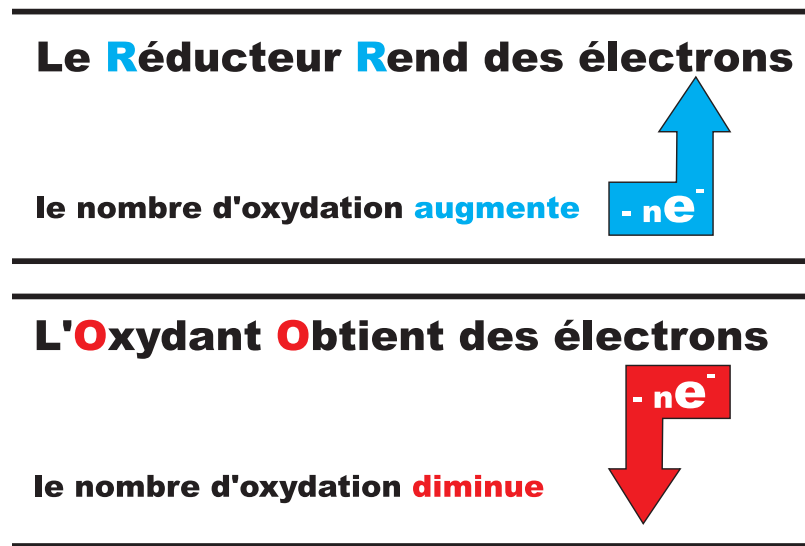
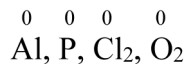


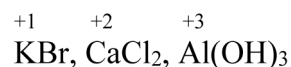
Image 2.16.

Règles à suivre pour déterminer les nombres d'oxydation dans les espèces chimiques :

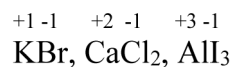
- Dans les corps simples le nombre d'oxydation des éléments est zéro.



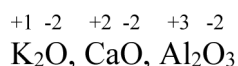
- Dans les composés chimiques les métaux sont toujours de nombre d'oxydation positif.



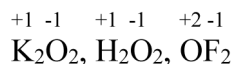
- Pour le cas des composés ioniques le nombre d'oxydation est égal à la charge de l'ion.



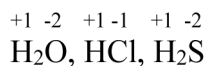
- Le nombre d'oxydation de l'oxygène dans les composés chimiques est -2.



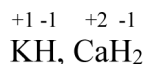
Exception pour les peroxydes et l'oxyde de fluor:



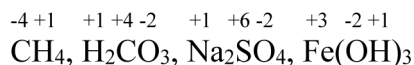
- Le nombre d'oxydation de l'hydrogène dans les composés chimiques est +1.



Exception pour les hydrures métalliques:



- La somme algébrique des nombres d'oxydation des éléments dans le composé est 0.
Remarque: Pour les ions complexes la somme est égale à leur charge.

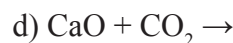
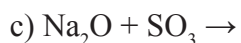
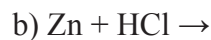
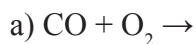


Exercice 1. Déterminez le nombre d'oxydation des éléments dans les substances.



Exercice 2.

- 1) Complétez les équations chimiques ci-dessous.
- 2) Pour chaque équation notez au-dessus de chaque élément (dans les réactifs et les produits) le degré d'oxydation.
- 3) Identifiez celles qui correspondent à des réactions d'oxydoréduction.
- 4) Pour les réactions d'oxydoréduction, identifiez le réducteur et l'oxydant.
- 5) Identifiez les demi-équation électronique afin d'illustrer les échanges électronique pour chaque couple redox mis en jeu.



1. Interaction des métaux avec l'eau

Le métal calcium réagit avec l'eau. Écrivez l'équation chimique de la réaction. Notez le nombre d'oxydation des éléments participants à cette transformation chimique.

.....
Est-ce un processus d'oxydoréduction? Justifiez.

.....
Déterminez l'oxydant et le réducteur. Écrivez les demi-équations électroniques pour chaque couple et identifiez les réactions de réduction et d'oxydation.

Oxydant:
.....tion

Réducteur:
.....tion

Peut-on effectuer la réaction inverse, notamment transformer un mélange d'hydroxyde de calcium et d'hydrogène en calcium et eau?

.....
Le métal nickel ne réagit pas avec l'eau. C'est un métal utilisé afin de protéger le fer contre la corrosion. Le nickel est moins réactif que le calcium.

2. Interaction des métaux avec des solutions d'acides dilués

Le métal nickel réagit avec des solutions d'acides dilués. Écrivez les équations chimiques sous l'aspect moléculaire et ionique de la réaction entre le nickel et l'acide sulfurique.

$\text{Ni} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

$\text{Ni}_{(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow$

Est-ce un processus d'oxydoréduction? Justifiez.

.....
Déterminez l'oxydant et le réducteur. Écrivez les demi-équations électroniques pour chaque couple et identifiez les réactions de réduction et d'oxydation.

Oxydant:
.....tion

Réducteur:
.....tion

Le métal cuivre ne réagit ni avec l'eau, ni avec des solutions d'acides dilués. Il est moins réactif que le calcium et le nickel.

Examinez l'image et écrivez les équations chimiques des réactions possibles entre deux métaux différents et l'acide chlorhydrique.

Réactions entre métal et acide:

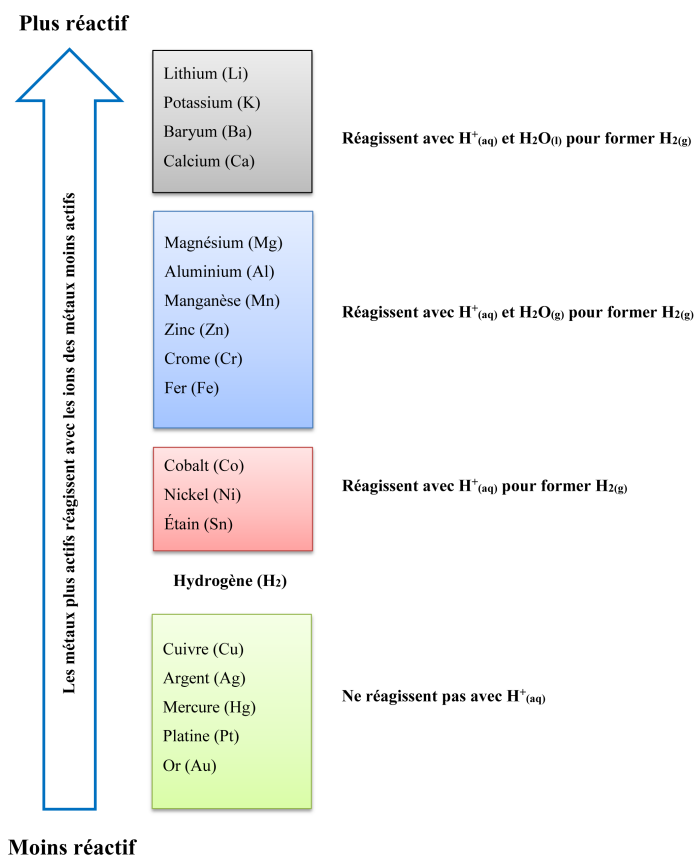


Image 2.17. Série d'activité des métaux

3. Interaction entre métal et solution de sel d'un autre métal

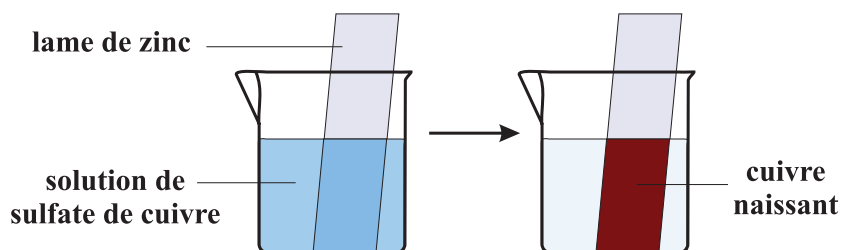
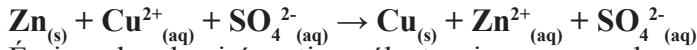


Image 2.18. Réaction entre le zinc et le sulfate de cuivre

Observez l'image 2.18 et reconstituez le texte suivant.

Dans un bécher on prépare une solution de La couleur initiale de la solution est On plonge ensuite dans la solution une lame de On attend alors quelques minutes. On observe la décoloration de la solution bleue. Un dépôt de apparaît sur la lame de zinc.

L'équation chimique de la réaction est la suivante :



Écrivez les demi-équations électroniques pour chaque couple et identifiez les réactions de réduction et d'oxydation.

Oxydant:
.....tion

Réducteur:
.....tion

Conclusion: Le métal zinc est plus réducteur que le cuivre. Il peut réduire l'ion cuivre. L'ion Cu^{2+} est plus oxydant que l'ion Zn^{2+} . Il peut oxyder le Zn.

Peut-on effectuer la réaction inverse, notamment faire réagir le sulfate de zinc et le cuivre solide? Justifiez.

.....
.....

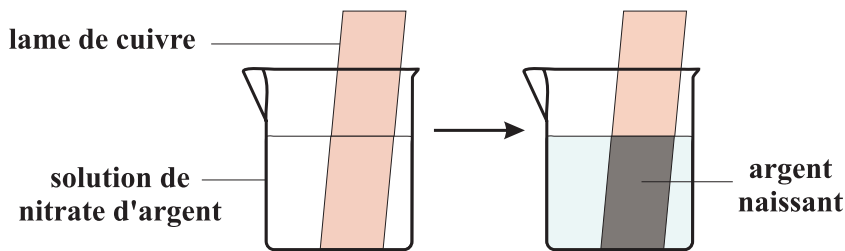


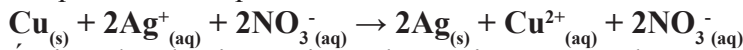
Image 2.19. Réaction entre le cuivre et le nitrate d'argent

Observez l'image 2.19 et complétez le texte suivant.

Dans un bécher on prépare une solution de On plonge dans la solution une lame de On attend quelques minutes.

On observe que la solution devient de couleur Un dépôt d' apparaît sur la lame de cuivre.

L'équation chimique de la réaction est la suivante :



Écrivez les demi-équations électroniques pour chaque couple et identifiez les réactions de réduction et d'oxydation.

Oxydant:
.....tion

Réducteur:
.....tion

Conclusion: Le métal cuivre est plus réducteur que l'argent. Il peut réduire l'ion argent. L'ion Ag^+ est plus oxydant que l'ion Cu^{2+} . Il peut oxyder le Cu.

Peut-on effectuer la réaction inverse, notamment faire réagir le sulfate de zinc et le cuivre solide? Justifiez.

.....

Exercice 1. Prévoyez les interactions possibles entre métaux et solutions de sels et d'acides dilués. Remplissez le tableau 1. avec «+» lorsqu'une réaction est possible ou «-» lorsque la réaction n'est pas possible. Écrivez les équations ioniques des réactions possibles.

Solution de	Métaux		
	Al	Zn	Ag
HCl			
AlCl_3			
ZnSO_4			
AgNO_3			

Tableau 1.

.....

.....

.....

.....

Exercice 2. Lisez le texte suivant et répondez aux questions.

Les batteries lithium-ion de nos smartphones utilisent une réaction chimique réversible pour faire circuler des électrons et générer ainsi de l'énergie électrique. Voici quel est leur secret. [...]

Il ne faut pas confondre pile, accumulateur et batterie.

Le premier appareil qui est apparu est la pile, inventée en 1800 par le comte Alessandro Volta en empilant des disques de zinc, de cuivre et de feutre imbibés de solution d'électrolyte, d'où le nom de pile. Le principe de base de la pile est de transformer de l'énergie chimique en énergie électrique (circulation d'électrons) grâce à une réaction d'oxydoréduction. Pour cela, la pile dispose de deux électrodes, appelées anode (-) et cathode (+), ainsi que d'un liquide, d'une pâte ou d'un gel électrolytique qui provoque la réaction. Lorsque la pile est branchée, l'oxydation de l'anode libère des électrons qui circulent dans un circuit électrique externe à la pile pour être ensuite capturés par la réaction de réduction au niveau de la cathode. Par exemple, dans la pile Daniell (1836), l'anode en zinc perd des électrons qui sont récupérés par la cathode en cuivre.

Ce principe est toujours valable dans les piles alcalines actuelles. Le problème est qu'une fois la réaction complètement terminée, la pile ne délivre plus de courant et ne peut pas servir à nouveau car le processus est difficilement réversible. Le concept de pile rechargeable est donc un abus de langage. Les chercheurs ont par conséquent fait évoluer la technologie vers des appareils réutilisables appelés accumulateurs. Les accumulateurs sont capables de délivrer du courant mais la réaction peut être inversée lors de leur recharge. En associant plusieurs accumulateurs entre eux, on obtient une batterie. Avant leur utilisation dans les appareils high-tech, le terme de batterie était déjà connu à cause de son emploi dans les voitures.

Le lithium est un métal dont les atomes sont composés, entre autres éléments, de trois électrons et de trois protons. Il possède la caractéristique de céder relativement facilement un électron. Il devient alors un ion, d'où le terme lithium-ion. La batterie comporte un ou plusieurs accumulateurs, appelés cellules, dotés chacun de deux électrodes. Dans de nombreux modèles, la cathode est faite d'oxyde de cobalt (CoO_2), avec un peu de lithium, tandis que l'anode est faite de graphite. L'électrolyte contient pour sa part des ions lithium en grande quantité. [...]

Lorsqu'on branche la batterie sur un appareil, cela entraîne un déplacement des électrons à cause de la différence de potentiel. Les électrons passent de l'anode à la cathode par le circuit externe, par exemple les différents composants d'un smartphone qui sont alors alimentés. De leur côté, les ions de lithium chargés positivement quittent l'anode pour retourner à la cathode car ils sont attirés par les charges négatives des électrons.

L'opération de charge consiste à forcer les électrons à se déplacer dans le sens inverse, c'est-à-dire de la cathode vers l'anode. [...]

Pendant la durée de vie de la batterie, les ions de lithium vont donc faire des aller-retour dans l'électrolyte, entre l'anode et la cathode. [...]

John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham et Akira Yoshino ont obtenu la récompense suprême du prix Nobel de chimie 2019 pour le développement de la batterie lithium¹⁵.

C'est une technologie que nous utilisons au quotidien.

Elle pourrait, à l'avenir, nous aider à réussir notre transition énergétique.

15 <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/chimie-prix-nobel-chimie-2019-recompense-inventeurs-batterie-lithium-ion-77863/>

La technologie lithium-ion peut-elle encore évoluer ? [...]

Ajouter quelques microgrammes de graphène sur l'anode et la cathode pour augmenter de quelques pourcents la densité d'énergie des cellules. C'est la voie choisie par le constructeur de voitures électriques Tesla dans sa Gigafactory. Quelques pourcents de densité d'énergie en plus sur une cellule permettent au final de gagner 50 km d'autonomie sur une voiture contenant plus de 7000 cellules¹⁶.

Document 1. La technologie lithium-ion

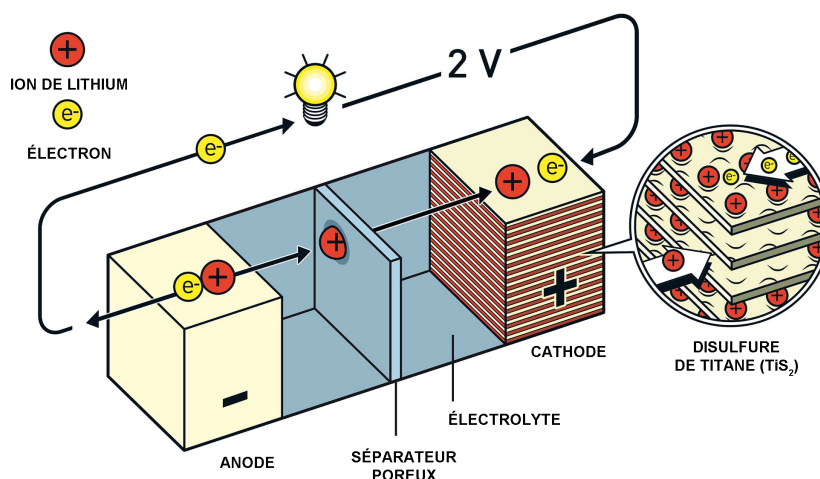


Image 2.20¹⁷

Question 1. Sous quelle forme l'énergie est-elle stockée dans une pile?

.....

Question 2. Quelle est la différence entre une pile et une batterie?

.....

Question 3. De quel matériau est faite l'anode dans la pile Daniel? Et dans la pile lithiumion?

.....

16 <https://www.01net.com/actualites/comment-fonctionne-une-batterie-lithium-ion-1378434.html>

17 <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/press-release/>

Question optionnelle. Faites une recherche et présentez par un schéma le processus d'oxydoréduction qui s'effectue dans une pile (au choix) lors de son utilisation/décharge.

.....
.....

Question 4. Citez la voie choisie par le constructeur de Tesla pour améliorer les batteries lithium-ion.

.....
.....

Question 5. Citez les domaines d'utilisation des batteries lithium-ion.

.....
.....

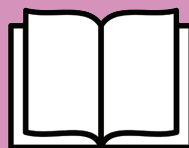
Les fabricants de batteries recherchent constamment des systèmes électrochimiques plus économiques, plus denses, plus légers et plus puissants. Les batteries sodium-ion est une technologie alternative aux batteries lithium-ion.

Des scientifiques bulgares de l'Académie Bulgare des Sciences (ABS), Radostina Stoyanova, Ekaterina Zhecheva, sont cités par deux des lauréats du prix Nobel (voir Document 1.) pour leur participation au développement d'une nouvelle génération de batteries similaires à base de Na^+ pour éviter le risque d'explosion dans les véhicules électriques équipés de batteries lithium-ion.

Faites une recherche sur les travaux des scientifiques bulgares Radostina Stoyanova et Ekaterina Zhecheva portant sur le développement des batteries et organisez les informations dans une présentation orale d'environ 5 minutes.

16. Types de processus chimiques**17. Classification des composés minéraux****18. Classification des composés organiques****Notions de base:**

- réaction chimique
- espèce chimique



1. Types de réactions chimiques

A l'aide du tableau 1 ci-dessous, réalisez une carte mentale intitulée «types de réactions chimiques» illustrant les différentes transformations pouvant être réalisées.

Indice/Indicateur	Type des processus	Exemples
Type de particules	Moléculaires Ioniques Radicaux	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
Homogénéité du système chimique	Homogènes Hétérogènes	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{SO}_{2(g)}$
Nombre de réactifs et de produits	Addition Dégradation Substitution Echange	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$ $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$ $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{AgCl}\downarrow$
Transfert d'électrons	Oxydo-réduction Sans échange d'électrons	$\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ $\text{CaO} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4$
Chaleur de réaction	Exothermique Endothermique	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Q}$ $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO} - \text{Q}$
Réversibilité	Réactions irréversibles Réactions réversibles	$2\text{Al} + 3\text{I}_2 \rightarrow 2\text{AlI}_3$ $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$
Présence de catalyseur	Catalytiques Non catalytiques	$2\text{Al} + 3\text{I}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 2\text{AlI}_3$ $2\text{Al} + 3\text{I}_2 \rightarrow 2\text{AlI}_3$
Sans changement de constitution qualitative	Modification allotropique Isomérisation	$2\text{O}_3 \rightleftharpoons 3\text{O}_2$ fructose \rightarrow glucose
Processus physico-chimiques	Electrolyse	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{HCl}$
Processus biochimiques	Synthèse cellulaire Digestion	Synthèse des protéines dans les ribosomes Dégradation de l'amidon dans la bouche
Processus géochimiques	Dissolution-précipitation Hydrolyse Réactions acide-base Oxydo-réduction	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$

Tableau 1. Types de réactions chimiques

2. La corrosion du fer

Equation chimique...



Définissez le type du processus d'après les indicateurs donnés dans le Tableau 2. Utilisez les notions du Tableau 1.

Indicateur	Type de processus chimique
Nombre de réactifs et de produits	
Transfert d'électrons	
Réversibilité	

Tableau 2. Description de la corrosion du fer

3. Nettoyage de la rouille

3.1 Avec de l'acide chlorhydrique

Écrivez l'équation-bilan de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de fer (III).

.....

L'objet rouillé est plongé dans une solution de l'acide chlorhydrique pour quelques minutes afin que la réaction exprimée ci-dessus s'effectue.

Quel processus va se produire entre le fer et l'acide si l'objet reste dans la solution acide plus longtemps?

.....

Écrivez l'équation-bilan de la réaction chimique.

.....

Après traitement avec l'acide il faut mettre l'objet dans une solution de soude. Pourquoi?

.....

Identifiez le type de réaction mis en jeu.

.....

3.2 En utilisant le document 1, nommez le type de la réaction décrite et l'indicateur correspondant

Lisez le texte du Document 1. Nommez le type de la réaction décrite et l'indicateur correspondant en utilisant les notions du Tableau 1.

Indicateur

Type de réaction

Une autre méthode plus efficace consiste à utiliser l'électricité pour convertir le métal oxydé en matériau sain, ce **décapage est respectueux de l'objet** à traiter. En effet, contrairement aux procédés mécanique et chimique, il n'agresse pas le métal.

Le principe consiste à faire circuler un courant continu dans un liquide conducteur (l'électrolyte) entre deux pôles: positif (anode) et négatif (cathode).

Dans notre cas, l'électrolyte est simplement de l'eau, rendue conductrice par ajout de cristaux de lessive de soude (carbonate de sodium Na_2CO_3). À défaut, on peut utiliser du bicarbonate de soude (NaHCO_3), voire du gros sel (NaCl). Le fer à dérouiller devient la cathode, où se produit un dégagement d'hydrogène, tandis que l'oxygène de la rouille migre du métal vers l'anode. La formation de bulles crée en plus un effet de décrassage mécanique.

Document 1. Nettoyage du fer rouillé par électrolyse¹

¹ <https://www.systemed.fr>

1. À partir des informations présentes dans le tableau 1, proposez une définition pour les termes suivants.

Corps simples

.....

Hydrures

.....

Oxydes

.....

Hydroxydes

.....

Acides

.....

Sels

.....

Type de substance	Éléments chimiques qui constituent la substance	Structure de la substance
Corps simples	Particules d'un seul élément chimique	Cristalline atomique, moléculaire, métallique
Hydrures	Hydrogène et un autre élément	Moléculaire (non-métallique)/ ionique(métallique)
Oxydes	Oxygène et un autre élément	Moléculaire (non-métallique)/ ionique (métallique)
Hydroxydes	Métal, groupe hydroxyle: oxygène, hydrogène	Ionique
Acides	Hydrogène, non-métal (oxygène)	Moléculaire
Sels	Métal, non-métal (oxygène)	Ionique

Tableau 1. Classification des composés inorganiques

2. Trouvez la place des substances données ci-dessous dans le Tableau 2. Nommez les substances.

HCl, CO₂, Al, Al(OH)₃, NaCl, HNO₃, S, H₂O, NaH, CaO, KOH, KMnO₄, Fe, NH₃, H₂SO₄, CuSO₄, Ca(OH)₂.

Classe de substance	Exemples (formule chimique, nom)
Corps simples	1. 2. 3.
Hydrures	1. 2. 3.
Oxydes	1. 2. 3.
Hydroxydes	1. 2. 3.
Acides	1. 2. 3.
Sels	1. 2. 3.

Tableau 2. Exemples des différents types de substances inorganiques

3. Arrangez les notions suivantes dans une carte mentale numérique. Elle doit contenir 21 cases.

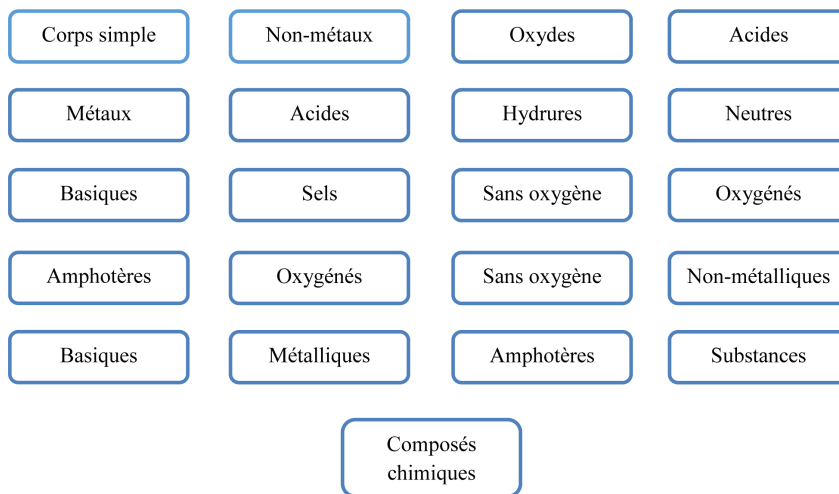


Image 3.1.

4. Type et propriétés des substances d'après la place des éléments qui les constituent dans le Tableau périodique

Tableau périodique des éléments

1 IA	2 IIA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA							
hydrogène 1 H 1.00794	lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.012182											aluminium 13 Al 26.9815386	silicium 14 Si 28.0855	phosphore 15 P 30.973762	soufre 16 S 32.066	chlorure 17 Cl 35.4527	argon 18 Ar 39.948	hélium 2 He 4.002602					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
potassium 19 K 39.0983	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.955912	titane 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.9415	chrome 24 Cr 51.9961	manganèse 25 Mn 54.938045	fer 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933195	nickel 28 Ni 58.6934	cuivre 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.92160	sélénium 34 Se 78.96	brome 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80							
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
rubidium 37 Rb 85.4678	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.90585	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.90638	molybdène 42 Mo 95.94	technétium 43 Tc 97.9072	ruthénium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.90550	palladium 46 Pd 106.42	argent 47 Ag 107.8682	cadmium 48 Cd 112.411	indium 49 In 114.818	étain 50 Sn 118.710	antimoine 51 Sb 121.760	tellure 52 Te 127.60	iode 53 I 126.90447	xénon 54 Xe 131.29							
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12															
francium 87 Fr [223.0197]	radium 88 Ra [226.0254]	actinides 89-103	lanthane 57 La 138.90547	dubnium 104 Db [263.1125]	dubnium 105 Db [262.1144]	seaborgium 106 Sg [266.1219]	bohrium 107 Bh [264.1247]	meitnerium 109 Mt [268.1388]	fermiumium 110 Ds [272.1463]	plutonium 94 Pu [244.0642]	americium 95 Am [243.0614]	europium 63 Eu 151.964	europium 64 Gd 157.25	europium 65 Tb 158.92535	europium 66 Dy 162.500	europium 67 Ho 164.93032	europium 68 Er 167.259	europium 69 Tm 168.93421	europium 70 Yb 173.04	europium 71 Lu 174.967				
4	5	6	7	8	9	10	11	12																
actinium 89 Ac [227.0277]	thorium 90 Th 232.03806	protactinium 91 Pa [231.03688]	uranium 92 U 238.02891	neptunium 93 Np [237.04821]	plutonium 94 Pu [244.0642]	americium 95 Am [243.0614]	curium 96 Cm [247.07031]	berkelium 97 Bk [247.07031]	californium 98 Cf [251.0796]	estoniumium 99 Es [252.0830]	fermiumium 100 Fm [257.09511]	mendélévium 101 Md [258.0984]	nobélium 102 No [259.1011]	lawrencium 103 Lr [262.1090]	unbinilium 111 Ubn [278.1090]	unbinilium 112 Ubu [288]	unbinilium 113 Ubu [288]	unbinilium 114 Ubu [289]	unbinilium 115 Ubu [292]	unbinilium 116 Ubu [292]	unbinilium 117 Ubu [292]	unbinilium 118 Ubu [294]	unbinilium 119 Ubu [294]	unbinilium 120 Ubu [294]
5	6	7	8	9	10	11	12																	
actinium 89 Ac [227.0277]	thorium 90 Th 232.03806	protactinium 91 Pa [231.03688]	uranium 92 U 238.02891	neptunium 93 Np [237.04821]	plutonium 94 Pu [244.0642]	americium 95 Am [243.0614]	curium 96 Cm [247.07031]	berkelium 97 Bk [247.07031]	californium 98 Cf [251.0796]	estoniumium 99 Es [252.0830]	fermiumium 100 Fm [257.09511]	mendélévium 101 Md [258.0984]	nobélium 102 No [259.1011]	lawrencium 103 Lr [262.1090]	unbinilium 111 Ubn [278.1090]	unbinilium 112 Ubu [288]	unbinilium 113 Ubu [288]	unbinilium 114 Ubu [289]	unbinilium 115 Ubu [292]	unbinilium 116 Ubu [292]	unbinilium 117 Ubu [292]	unbinilium 118 Ubu [294]	unbinilium 119 Ubu [294]	unbinilium 120 Ubu [294]
6	7	8	9	10	11	12																		
actinium 89 Ac [227.0277]	thorium 90 Th 232.03806	protactinium 91 Pa [231.03688]	uranium 92 U 238.02891	neptunium 93 Np [237.04821]	plutonium 94 Pu [244.0642]	americium 95 Am [243.0614]	curium 96 Cm [247.07031]	berkelium 97 Bk [247.07031]	californium 98 Cf [251.0796]	estoniumium 99 Es [252.0830]	fermiumium 100 Fm [257.09511]	mendélévium 101 Md [258.0984]	nobélium 102 No [259.1011]	lawrencium 103 Lr [262.1090]	unbinilium 111 Ubn [278.1090]	unbinilium 112 Ubu [288]	unbinilium 113 Ubu [288]	unbinilium 114 Ubu [289]	unbinilium 115 Ubu [292]	unbinilium 116 Ubu [292]	unbinilium 117 Ubu [292]	unbinilium 118 Ubu [294]	unbinilium 119 Ubu [294]	unbinilium 120 Ubu [294]
7	8	9	10	11	12																			
actinium 89 Ac [227.0277]	thorium 90 Th 232.03806	protactinium 91 Pa [231.03688]	uranium 92 U 238.02891	neptunium 93 Np [237.04821]	plutonium 94 Pu [244.0642]	americium 95 Am [243.0614]	curium 96 Cm [247.07031]	berkelium 97 Bk [247.07031]	californium 98 Cf [251.0796]	estoniumium 99 Es [252.0830]	fermiumium 100 Fm [257.09511]	mendélévium 101 Md [258.0984]	nobélium 102 No [259.1011]	lawrencium 103 Lr [262.1090]	unbinilium 111 Ubn [278.1090]	unbinilium 112 Ubu [288]	unbinilium 113 Ubu [288]	unbinilium 114 Ubu [289]	unbinilium 115 Ubu [292]	unbinilium 116 Ubu [292]	unbinilium 117 Ubu [292]	unbinilium 118 Ubu [294]	unbinilium 119 Ubu [294]	unbinilium 120 Ubu [294]

— nom de l'élément.
 — numéro atomique.
 — symbole chimique.
 — masse atomique relative ou [celle de l'isotope le plus stable].

Image 3.2. Tableau périodique

A. Dans le tableau périodique ci-dessus trouvez, lisez les noms des éléments chimiques et colorez en:

- 4.1. rouge la colonne des métaux les plus actifs.
- 4.2. bleu la colonne des non-métaux les plus actifs.
- 4.3. vert une colonne qui contient des métaux nobles.
- 4.4. jaune les cases des éléments chimiques qui constituent l'acide nitrique.
- 4.5. rose la case de l'élément chimique qui forme deux oxydes acides responsables des pluies acides.
- 4.6. orange la case de l'élément chimique dont l'hydrure et l'un des oxydes sont responsables du réchauffement climatique global.
- 4.7. violet les cases des éléments chimiques responsables de la dureté de l'eau.

B. Pourquoi conserve-t-on les métaux alcalins à l'abri de l'air dans du pétrole?

.....

C. On utilise le sodium pour absorber les dernières traces d'eau contenues dans des solvants organiques comme le benzène ou l'éther sulfurique. Ecrivez l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui a lieu entre le sodium et l'eau.

Piste de réflexion pour aider: on observe un dégagement de gaz - le dihydrogène.

.....

5. La constitution détermine la structure. La structure détermine les propriétés des substances.

Reconstituez les phrases suivantes en choisissant la bonne proposition.

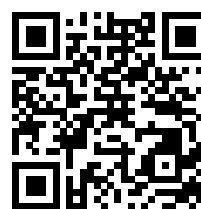
- 5.1. Les sels ont une structure *moléculaire/ionique*. Leur état physique est *liquide/solide*.
- 5.2. Le graphite et le diamant sont constitués d'atomes de carbone. Leur structure est formée d'un cristal *atomique/moléculaire*. Ils sont *solubles/insolubles* dans l'eau.
- 5.3. Les *métaux/non-métaux* ont une structure cristalline *métallique/ionique*. Leurs cristaux sont constitués d'atomes et d'ions positifs. Les *métaux/non-métaux* sont de *bons/mauvais* conducteurs. Ils ont des propriétés *réductrices/oxydantes*.
- 5.4. Un oxyde non-métallique a une structure *moléculaire/ionique*. Il peut manifester des propriétés acides ou *neutres/basiques/amphotères*.
- 5.5. Un oxyde métallique a une structure *moléculaire/ionique*. Il peut manifester des propriétés basiques ou *neutres/acides/amphotères*.
- 5.6. Les *métaux/non-métaux* réagissent avec les *métaux/non-métaux*, les acides, des sels.
- 5.7. Les *métaux/non-métaux* actifs réagissent avec l'eau pour donner des bases.
- 5.8. Les *acides/les bases* ont une structure *moléculaire/ionique*. *Ils/Elles* sont d'état *solide/liquide*. *Ils/Elles* sont solubles dans l'eau. *Ils/Elles* peuvent réagir avec un *métal/non-métal*, un *oxyde basique/un oxyde acide*, un *acide/une base*.

Les **Hydrocarbures** sont des composés organiques constitués des éléments chimiques carbone et hydrogène.

Les **Dérivés des hydrocarbures (Hydrocarbures remplacés)** sont constitués à partir d'hydrocarbures dans lesquels un ou plusieurs atomes d'hydrogène sont remplacés par un ou plusieurs atomes d'autres éléments chimiques.

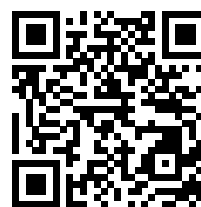
On étudie les **Composés organiques d'importance biologique** dans les cours de chimie organique mais aussi dans les cours de biologie (notamment en biochimie).

Pour vous rappeler la classification des composés organiques faites l'exercice suivant (décodez le QR):



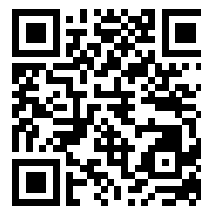
Images 3.3.

Pour vous rappeler les hydrocarbures étudiés en 9e, faites l'exercice suivant (décodez le QR):



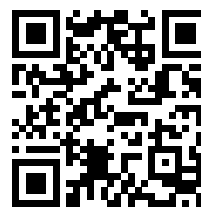
Images 3.4.

Pour vous rappeler les propriétés les plus importantes de quelques représentants des dérivés hydroxyles des hydrocarbures étudiés en 9e, faites l'exercice suivant (décodez le QR):



Images 3.5.

Pour faire une révision sur les composés organiques faites l'exercice suivant (décodez le QR):



Images 3.6.

Activité documentaire sur les glucides

Lisez le Document 1. et répondez aux questions qui suivent.

Les pâtes sont riches en amidon. Si on les pose dans une assiette ou dans un saladier juste égouttées, sans les mélanger immédiatement à un condiment, elles vont coller entre elles et vont perdre leur texture et leur goût. L'amidon en refroidissant va en effet créer une sorte de coque autour de chaque pâte qui va changer leur texture et empêcher de faire une osmose entre pâtes et sauce.

Le bon procédé pour goûter à un excellent plat de pâtes consiste à les égoutter «al dente» (moelleuses à l'extérieur et encore très légèrement croquantes à cœur) dans une large passoire, à les verser immédiatement dans la sauce - qui se trouve dans une poêle ou dans un saladier - et à les mélanger de suite.

Ainsi les pâtes encore chaudes vont s'imbiber parfaitement et de manière uniforme de sauce. Leur amidon servira à les lier à la sauce et les pâtes ne colleront pas.

C'est seulement après avoir mélangé les pâtes à la sauce qu'on pourra les servir.

Document 1. Pour goûter un excellent plat de pâtes²

De quelle matière organique parle-t-on dans le texte?

.....

La texture du plat proposé dépend-elle de propriétés physiques ou chimiques de la matière organique étudiée?

.....

Activités expérimentales



Image 3.7.

² <https://www.750g.com>

Les lycéens d'image 3.7. ont effectués une expérience pour mettre en évidence la présence de **sucres simples** dans le sirop d'agave canadien.

Quel test de reconnaissance pour les sucres simples connaissez-vous? Décrivez-le.

.....



Image 3.8.

Les lycéens d'image 3.8. ont effectués une expérience pour mettre en évidence la présence **des corps gras** insaturés dans l'huile d'olive ainsi que leur absence dans le beurre de coco.

Quel test de reconnaissance pour les corps gras insaturés connaissez-vous? Décrivez-le.

.....

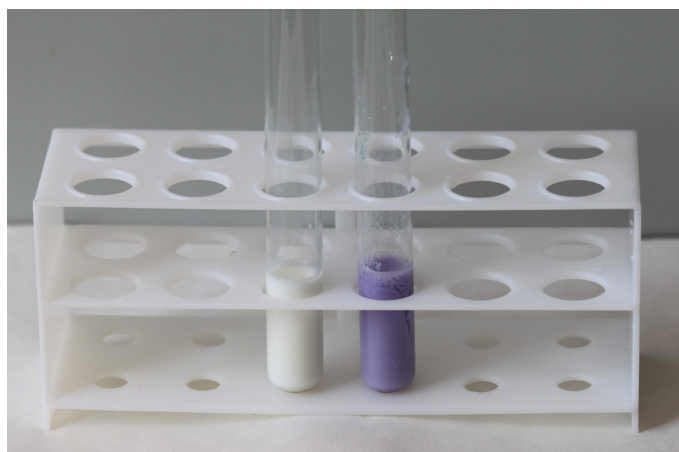


Image 3.9³.

Des lycéens ont effectué une expérience pour mettre en évidence la présence de protéines dans le lait (d'image 3.9).

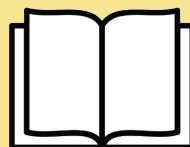
Expliquez cette expérience.

.....

3 La photo a été prise par Petar Petrov

19. Les matériaux**20. Métaux et alliages****21. Types de matériaux (céramique et verre)****22. Caoutchouc****23. Matériaux composites organiques****Notions de base:**

- matériaux
- alliages
- vulcanisation
- caoutchouc
- céramique
- verre
- polycondensation
- polymères
- plastiques



1. Définition

Exercice 1.1. Réorganisez les propositions suivantes afin de reconstituer la définition de la notion de matériau.

- a) Substance (ou mélange de substances)
- b) des roches, des minerais, du sable, du charbon, du pétrole, des végétaux etc. transformés.
- c) Les produits de cette transformation sont les matériaux.
- d) utilisée en fonction de ses propriétés à la construction des objets, machines, bâtiments, etc.
- e) Les objets utilisés quotidiennement représentent

Exercice 1.2. Écrivez la définition reconstituée dans la colonne de gauche et traduisez-la dans la colonne de droite

--	--

2. Structure des matériaux. Microstructure et macrostructure

Microstructure: La microstructure d'un matériau est étudiée par des procédés de la micrographie. Elle est déterminée par le type de la liaison chimique entre les particules constitutives. La microstructure correspond à l'agencement des éléments constitutifs à l'échelle microscopique.

Macrostructure: Structure générale d'un matériau observable à l'œil nu.

Complétez les tableaux 1 et 2.

Schématisez la microstructure et la macrostructure des matériaux proposés. Expliquez par le type des liaisons chimiques mis en jeu (liaisons métalliques/ioniques/covalente) les différences observées. Donnez des exemples.

	Schéma	Explications/type de liaisons chimiques	Exemples
Cristalline/métallique			
Cristalline/céramique			
Amorphe/verre			

Tableau 1. Microstructure

	Schéma	Caractéristiques	Exemples
Macrostructure			

Tableau 2. Macrostructure

La microstructure du matériau détermine ses propriétés.

Les propriétés correspondent aux réactions du matériau face à des contraintes venant de l'environnement extérieur.

3. Propriétés des matériaux

Complétez le tableau 3. Identifiez parmi les propriétés données ci-dessous celles qui sont mises en évidence par les paramètres cités dans la première colonne.

- résistance à corrosion, réactivité
- température de fusion (basse, haute)
- résistance à la traction, dureté, fragilité, plasticité, stabilité à usure
- transparents, translucides, opaques, vitreux
- conducteurs, semi-conducteurs, isolateurs
- aimant permanent, matériaux paramagnétiques et antiferromagnétiques

Influence extérieure	Propriétés du matériau
Mécanique	
champs électrique	
chauffage refroidissement	
champs magnétique	
Lumière	
Chimique	

Tableau 3. Propriétés des matériaux

4. Classification des matériaux

On classe les matériaux en grandes classes: métaux et alliages, céramiques, verres, polymères, composites naturels (bois, os) ou artificiels.

Complétez le tableau 4. en indiquant pour chaque classe de matériaux citée quelques exemples et des propriétés leur correspondant. (Aide: utiliser les informations du manuel bulgare.)

	Métaux et alliages	Céramiques, verres	Polymères	Composites naturels ou artificiels
Exemples				
Propriétés				

Tableau 4. Exemples de matériaux

5. Utilisation des matériaux

Dessinez une chaise.

La classe se divise en deux équipes de dessinateurs projeteurs de chaises.

Equipe 1. Chaise pour enfant.

Vous devez dessiner en projection une chaise pour enfant.

Remplissez le Tableau 5. avec les matériaux convenables pour chaque partie de la chaise en tenant compte du contenu du Document 1.

Composant	Matériau
Tubes	
Siège et dossier	
Tablette	
Soudures	
Autres (optionnel)	

Tableau 5. Chaise pour enfant

Couleur	à choix
Dimensions de l'article	75 x 54 x 107 centimètres
Recommandation de masse maximale supportable	15 kilogrammes
Masse de l'article	10.4 kilogrammes
Âge	0 à 3 ans
Confort	Fonction couchée (inclinaison du dossier)
Tablette et plateau repas	Planche à manger en deux parties et détachable, facilement nettoyable
Détails	<ul style="list-style-type: none"> - la hauteur du siège et du dossier est réglable sur plusieurs positions - la ceinture et les repose-pieds s'adaptent à la taille de l'enfant - revêtements déhoussables et lavables
Assemblage requis	Repliable de manière peu encombrante
Transport	Facile
Environnement	Ecologique
Prix	Moyen

Document 1. Tableau des recommandations Equipe 1

Equipe 2. Fauteuil gamer

Vous devez dessiner en projection un fauteuil gamer.

Remplissez le tableau avec les matériaux convenables pour chaque partie de la chaise en tenant compte du contenu du **Document 2**.

Composant	Matériau
Tubes	
Siège et dossier	
Repose-pied, accoudoirs	
Soudures	
Autres (optionnel)	

Tableau 6. Fauteuil gamer

Couleur	Au choix
Dimensions de l'article	66 x 69 x 122 centimètres
Recommandation de masse maximale supportable	150 kilogrammes
Masse de l'article	20.5 kilogrammes
Confort	Dossier en forme de S, soutien lombaire, appui-tête réglable
Relaxation	Repose-pied télescopique, des pieds à relever, fauteuil inclinable
Détails	Fauteuil pivotant, accoudoirs renforcés pour éviter les secousses, toile respirant, repose-pieds incliné vers le haut
Transport	Facile
Environnement	Ecologique
Prix	Moyen

Document 2. Tableau des recommandations Equipe 2



Image 4.1. Idées Equipe 1



Image 4.2. Idées Equipe 2

Problème.

Vous êtes le propriétaire d'une entreprise de constructions métalliques utilisant les métaux fer, cuivre et zinc et leurs alliages et vous avez reçu une commande pour fabriquer un kiosque de jardin en métal.

Pour réaliser un projet de qualité, vous devez étudier et comparer des informations scientifiques sur les propriétés physico-chimiques des métaux et des alliages que vous utiliserez afin de présenter leurs avantages par rapport à d'autres matériaux équivalents.

Les informations et questions qui suivent vous mèneront à la meilleure solution au problème du point 5.

1. Les métaux. Introduction (rappel).

Question 1.1. Où se situent les métaux dans le tableau périodique des éléments chimiques.

Question 1.2. Expliquez le changement du caractère métallique dans les périodes et dans les colonnes.

Question 1.3. Dans le tableau périodique des éléments, où trouve-t-on les métaux les plus utilisés comme matériaux (le fer, le cuivre, le zinc, l'aluminium)? Donnez une explication de leur utilisation en faisant le lien avec leurs propriétés chimiques.

2. Propriétés des métaux. Avantages et inconvénients.

Question 2.1. Examinez le Tableau 1. et le Tableau 2.

	Etat	Couleur	Densité g/cm ³	Point de fusion °C	Point d'ébullition °C	Dureté	Abondance dans la croûte terrestre	Altération dans l'air
Fer	Solide ferromagnétique	Blanc argenté	7,87	1538	2861	4	5%	Formation de rouille, dégradation ¹
Cuivre	Solide	Rouge brun	8,93	1085	2562	3	0,05%	Formation de patine superficielle ²
Zinc	Solide diamagnétique	Blanc bleuté	7,13	420	907	2,5	0,02%	Formation de patine superficielle ³

Tableau 1. Quelques caractéristiques du fer, du cuivre et du zinc

1 Formation de rouille, dégradation – Le fer réagit avec le dioxygène et l'eau pour former de la rouille rougeâtre qui constitue une couche poreuse. Cette dernière laisse passer l'eau et l'air qui peuvent continuer à réagir avec le fer tant que celui-ci n'a pas été transformé complètement en rouille.

2 Formation de patine superficielle – Le cuivre se corrode au contact de l'air. Il se couvre d'une couche verdâtre appelée vert-de-gris. Cette couche est imperméable et isole le cuivre de l'air et des réactifs responsables de sa corrosion. La corrosion du cuivre modifie seulement son aspect extérieur.

3 Formation de patine superficielle – La corrosion du zinc est du même type que celle du cuivre. Elle n'attaque que la surface du métal sur lequel se forme une couche d'oxyde (oxyde de zinc).

Métal / alliage (constitution chimique)	Prix
Acier galvanisé (Fe, Zn, C)	0,504 €/kg
Inox (acier inoxydable Fe, Cr, Ni, ..., C)	2,361 €/kg
Fer (Fe)	0,147 €/kg
Ferraille (déchets de fer)	0,32 €/kg
Cuivre (Cu)	7,646 €/kg
Zinc (Zn)	2,32 €/kg

Tableau 2. Les prix des métaux en juin 2021 d'après journaldunet.fr



Photo 1.



Photo 2.

Image 4.3.

Remplissez le Tableau 3. en tenant compte des informations issues des Tableaux 1. et 2. et des photos. Formulez au moins deux avantages et deux inconvénients pour l'utilisation de chaque métal en construction.

	Avantages	Inconvénients
Fer	1. 2.	1. 2.
Cuivre	1. 2.	1. 2.
Zinc	1. 2.	1. 2.

Tableau 3. Avantages et inconvénients du fer, du cuivre et du zinc

2.1. Corrosion

La dégradation par réaction avec l'oxygène d'un matériau métallique s'appelle corrosion.

Dans l'environnement, les métaux sont en présence de dioxygène, d'eau, de dioxyde de carbone et de gaz polluants qui peuvent réagir avec eux. Le métal est alors consommé lors d'une transformation chimique tandis que se forment le ou les produits.

3. Pollution et corrosion

Des chercheurs ont observé pendant plusieurs années des lames de fer placées dans différentes atmosphères. Le graphique ci-dessous fait apparaître les résultats obtenus.

Examinez le graphique ci-dessous et répondez aux questions.

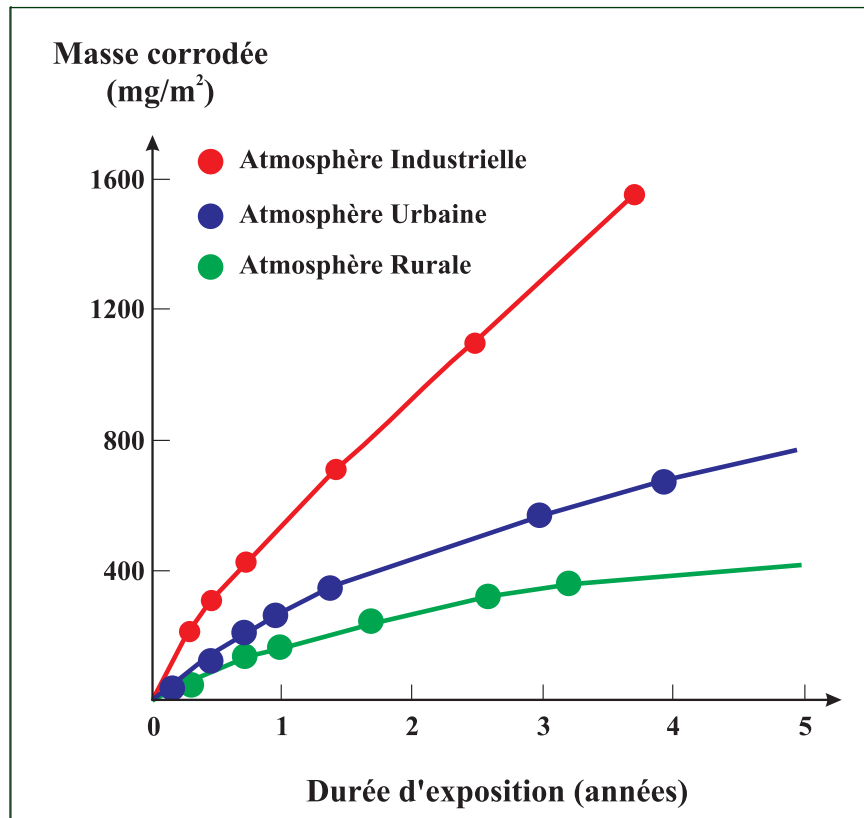


Image 4.4

Peut-on remplacer l'expression masse corrodée par perte de masse du fer?

Quelle différence y a-t-il dans la constitution des trois types d'atmosphères? Remplissez le tableau 4 et proposez des explications en vous basant sur la définition de la corrosion du point 2.1.:

	Couleur de la courbe	Constitutifs corrosifs
Atmosphère humide et polluée		
Atmosphère pure et humide		
Atmosphère pure et sèche		

Tableau 4. Pollution et corrosion

4. Alliages

Fondus, les métaux ont la propriété de dissoudre d'autres métaux ou non-métaux. Par exemple, le fer peut dissoudre le carbone (C), le chrome (Cr), le nickel (Ni), le manganèse (Mn), le phosphore (P) etc. Le mélange obtenu s'appelle alors alliage.

Un alliage est un matériau complexe et homogène dont les propriétés sont meilleures que les propriétés des métaux simples pris séparément.

Répondez aux questions suivantes en tenant compte des informations des tableaux 1. et 2. Pour répondre à chaque question choisissez entre les expressions ci-dessous:

- a) La température de fusion baisse.
- b) La dureté augmente.
- c) La corrosion diminue.
- d) La technologie est accessible et raisonnable.
- e) Le prix diminue.

Question 4.1. Pour quelle raison on mélange les métaux pour former des alliages?

Question 4.2. Le laiton est un alliage constitué de cuivre et de zinc (Cu, Zn). Pourquoi on mélange ces deux métaux?

Question 4.3. L'acier est un alliage constitué de fer Fe et de carbone C. Quelle propriété du fer est modifiée par l'ajout de carbone?

Question 4.4. L'acier zingué est un acier dont la couche superficielle est traitée par galvanisation avec du zinc Zn. Quel inconvénient du fer est minimalisé par son traitement avec du zinc?

5. Résolution du problème initial

Décrivez votre proposition quant-au choix des matériaux à utiliser pour répondre à la commande de construction du kiosque. Complétez le tableau 5.

	Matériau	Avantages
Toiture		
Détail de la structure / Cadre		

Tableau 5. Kiosque, matériaux

1. Introduction

La céramique et le verre sont des matériaux non métalliques et non organiques. La matière première de la céramique est l'argile, pour le verre, c'est le sable (la silice). Les matériaux silicates sont obtenus par l'action de fortes températures. Ce sont ces fortes températures qui induisent, au cœur de la matière première, une transformation irréversible qui confère au matériau produit, des propriétés nouvelles: solidité et résistance à l'usure, résistance à la chaleur, propriétés isolantes, etc.

Question 1.1. Complétez les phrases suivantes avec le nom du matériau décrit.

Le/La est un matériau fabriqué à la base de l'argile.

Le/La est un matériau obtenu par le refroidissement rapide d'une fusion de sable siliceux avec des adjuvants.

2. Constitution et structure chimique

Les constituants de base des céramiques sont les silicates et les aluminosilicates. Ecrivez les noms et les symboles chimiques des éléments constitutifs de ces matériaux.

.....

Dans la production de verre on utilise des matières naturelles. Les formules chimiques de leurs composants principaux sont: SiO_2 , NaCl , CaCO_3 . Nommez ces composés chimiques et les produits naturels qui les contiennent.

.....

3. Structure et propriétés

Lisez le document 1. et complétez le tableau 1. en indiquant si les propositions sont vraies ou fausses.

Le verre est un matériau solide, transparent ou opaque, cassable, isolant, chimiquement et biologiquement quasi-inerte, étanche. Il est de structure amorphe et il est composé principalement de dioxyde de silicium. Il contient comme adjuvants des ions métalliques. Le procédé de sa fabrication est appelé vitrification de sable (silice). (Le matériau est liquéfié à hautes températures puis refroidi rapidement).

Le verre peut être refondu, sans perte de ses propriétés. Dans le cadre de son recyclage, la consommation d'énergie est moindre que pour sa fabrication.

Les céramiques industrielles sont des matériaux non métalliques et inorganiques. Ils sont mis en forme par frittage. Cette technique consiste à réduire en poudre le matériau utilisé. Ensuite, la poudre est déposée dans un moule et est comprimée. Le produit a une structure poreuse. Ces matériaux possèdent des propriétés intéressantes pour des applications exigeantes : température de fusion élevée, grande résistance mécanique, insensibles à la corrosion, isolateurs etc.

Document 1. Verre

	Vrai / Faux
1. Le verre est de structure amorphe.	
2. Le recyclage du verre consomme plus d'énergie que sa fabrication initiale.	
3. Le verre et la céramique sont très sensibles à la corrosion.	
4. Les céramiques sont facilement fusibles.	

Tableau 1. Structure et propriétés des matériaux silicates

4. Produits

Céramique ou verre? Remplissez le tableau suivant avec les produits donnés ci-dessous:
faïence, bouteilles, porcelaine, poterie, ampoules, brique, tube à essai, vitres latérales et arrières des automobiles, pare-brise, lunettes, miroir, tuile, carrelage, sculpture

Produits céramiques	Produits en verre

Tableau 2. Céramique et verre

5. Actualités

5.1. Verre organique⁴

Lisez les informations.

Egalement connus sous le nom de verres organiques, les verres en plastique sont aujourd'hui utilisés sur tous les types de lunettes. Ils sont également recommandés pour les lunettes de sport et les lunettes pour enfants. Très légers, ils sont extrêmement confortables à porter. Ils sont également extrêmement résistants. Selon le type de plastique utilisé, leurs performances en la matière sont 100 fois supérieures à celles du verre. En outre, ils offrent une meilleure protection contre les étincelles (par exemple en cas de feux d'artifice, de feux de camps ou de travaux de soudure et de meulage) et sont incassables, un avantage considérable en termes de sécurité pour de nombreuses situations de la vie quotidienne. Ils protègent les yeux de la lumière UV.

Les inconvénients: comparé au verre naturel, le plastique est peu résistant aux rayures. Il est donc plus sensible et requiert plus d'entretien. Pour remédier à cet inconvénient, un traitement spécial peut être appliqué pour repousser la poussière ou durcir le matériau.

Dernier avantage du plastique: alors que le verre naturel ne peut être teinté qu'avec un nombre restreint de couleurs et que sa coloration reste relativement onéreuse, le plastique peut être teinté dans pratiquement toutes les couleurs, et ceci sans aucune difficulté. Il constitue donc la solution idéale pour les personnes souhaitant porter des verres teintés en tant qu'accessoires de mode.

Document 2. Verre organique

Pour chaque cas proposé ci-dessous, indiquez si en tant qu'opticien vous conseillerez des verres organiques. Chaque réponse devra être justifiée.

a) un petit enfant

Justification

b) quelqu'un qui voudrait être à la mode

Justification

c) quelqu'un qui travaille en plein air

Justification

⁴ D'après: <https://www.zeiss.fr/vision-care/mieux-voir/comprendre-la-vision/verres-organiques-ou-verres-mineraux.html>

5.2. Bioverre



Image 4.5 © Maurice Loir⁵

Lisez le document 3. et répondez à la question.

Quelle est la nature de l'espèce utilisée afin d'augmenter la vitesse de la réaction de formation de ces bioverres?

.....

Diatomées, algues unicellulaires microscopiques, protégées du milieu extérieur par un squelette de verre, synthétisé à température ambiante à partir de traces de silice dissoute dans l'eau.

Aujourd'hui, les chimistes savent imiter cette méthode de « chimie douce » pour élaborer du bioverre. Ils envisagent aussi des applications innovantes pour ce verre biologique, résistant, bien toléré par l'organisme et dont la porosité est ajustable. Des microbilles de bioverre pourraient être utilisées comme diffuseurs de médicaments dans l'organisme⁵.

Document 3. Bioverre

⁵ <https://www.pourlascience.fr/sd/chimie/le-verre-biologique-inspire-les-chimistes-2026.php>

Caoutchouc naturel



Latex de caoutchouc issu d'hévéas



Séchage de caoutchouc naturel

Image 4.6.



Image 4.7. Canard en caoutchouc naturel

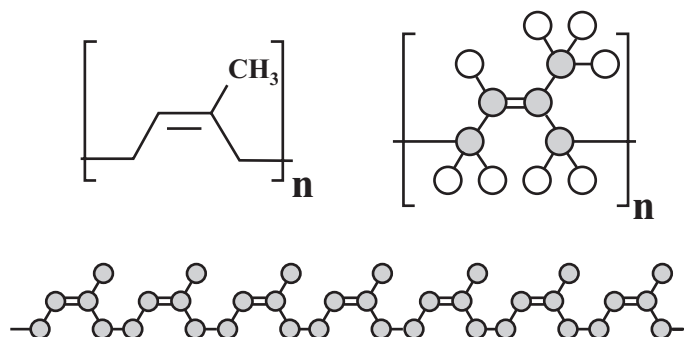


Image 4.8. Modèle moléculaire de caoutchouc naturel

1. Définition

Observez les photos ci-dessus et reconstituez la définition de caoutchouc naturel en choisissant le mot correct:

Le caoutchouc naturel est un hydrocarbure insaturé *naturel/synthétique* de masse moléculaire *élevée/faible*. Il est constitué de *molécules/macromolécules* linéaires fortement repliées.

2. Constitution et structure

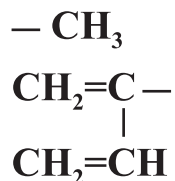
Complétez le tableau ci-dessous en utilisant les informations de la définition.

Constitution	Éléments chimiques	
	Est-ce un monomère ou un polymère?	
Structure	Types de chaînes de carbone	
	Types de liaisons dans les chaînes	

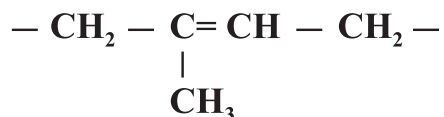
Tableau 1. Constitution et structure du caoutchouc

Le caoutchouc naturel est le polymère du 2-méthylbut-1,3-diène.

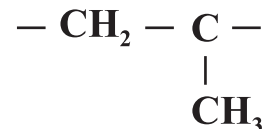
Reconstituez la formule semi-développée de cette substance en utilisant les groupements d'atomes suivants:



Parmi les structures suivantes, identifiez la structure du caoutchouc.



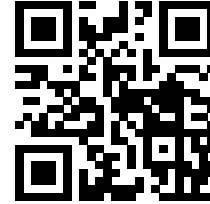
a)



b)

3. Vulcanisation

Écoutez l'audio et remplissez les trous dans le texte pour la vulcanisation.
Décodez le QR:



Images 4.9.

Lorsqu'il est soumis à des températures, le caoutchouc fond. Au contraire, à basses températures, il se rompt. La vulcanisation est une technique qui consiste à cuire le caoutchouc à des températures très élevées avec un agent dit « vulcanisant », le plus souvent du Il s'agit d'une qui donnera au caoutchouc sa structure tridimensionnelle indéformable et lui donnera des propriétés solides élastiques en formant des ponts sulfures entre les chaînes polymères.

En mélangeant du soufre avec du caoutchouc et en les chauffant, a remarqué de nouvelles caractéristiques et inventé la méthode de vulcanisation.

Complétez le schéma de la vulcanisation du caoutchouc naturel en écrivant les noms des réactifs et du produit.

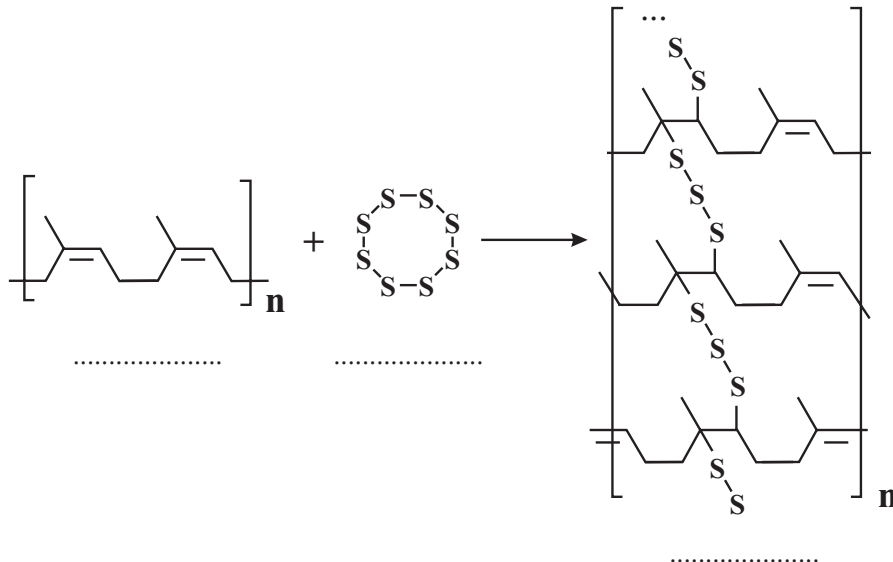


Image 4.10.

4. Propriétés

Les caoutchoucs possèdent de nombreuses propriétés comme l'élasticité, l'étanchéité et ils présentent également des qualités antivibratoires. La combinaison de ces trois propriétés leurs assurent une multitude d'utilisations.

Chassez les intrus de la liste suivante des propriétés du caoutchouc.

- C'est un matériau élastique, il peut se déformer lorsqu'on lui applique une contrainte et reprendre sa dimension initiale, dès lors que la pression n'est plus exercée. De plus, c'est l'un des seuls matériaux à pouvoir s'étirer jusqu'à 500%, voire 1 000% dans certains cas! (On parle alors d'hyper-élasticité);
- C'est un matériau corrosif;
- Il est imperméable à l'air, aux gaz et à l'eau (Il est étanche);
- Il a également une grande capacité à filtrer le bruit ou les vibrations et à amortir les chocs;
- C'est un matériau susceptible d'émettre des fibres sous l'effet de chocs, de vibrations ou de mouvements d'air (matériau friable).

5. Production

Analysez le paragraphe ci-dessous et présentez les informations proposées sous forme de tableau puis de diagramme.

90% de la production mondiale de caoutchouc naturel provient d'Asie, alors que l'hévéa est originaire d'Amazonie. La Thaïlande et l'Indonésie se placent en tête des pays producteurs de caoutchouc naturel avec respectivement 32% et 26% de la production mondiale en 2013.

Caoutchouc synthétique

Lisez le Document 1. puis proposez quelques arguments afin de répondre à la question suivante: « Pourquoi les fabricants produisent-ils du caoutchouc synthétique? »

En 1929, un polymère de butadiène et de styrène a été produit avec succès avec du sodium comme catalyseur. Ce polymère est appelé caoutchouc styrène butadiène. Il a été développé industriellement en Allemagne après 1930. En 1942, les États-Unis, privés de l'approvisionnement en caoutchouc naturel par le Japon, se mettent à produire caoutchouc styrène butadiène en améliorant les propriétés mécaniques du produit.

Ce caoutchouc synthétique est supérieur au caoutchouc naturel et est actuellement utilisé lors de la production des voitures.

De nos jours, plus de 40 types de caoutchoucs synthétiques sont produits. Ils diffèrent par leur structure et leurs caractéristiques. Les industries de caoutchouc utilisent des mélanges divers pour atteindre les propriétés recherchées. Les matières premières

utilisées lors de ces synthèses sont produites par la pétrochimie.

La culture de l'hévéa est menacée par un champignon (*Microcyclus ulei*). Ce champignon infecte les feuilles qui tombent, la photosynthèse de l'arbre est limitée et sa survie est alors menacée.

Document 1. Caoutchouc synthétique

Les fabricants produisent principalement du caoutchouc synthétique, parce que:

.....

La production du caoutchouc synthétique dépasse celle du naturel, environ 16 millions de tonnes par an. La Chine en est le premier producteur.

Faites une recherche sur les pays producteurs de caoutchouc synthétique.

Organisez les informations en tableau et diagramme numériques.

7. Les usages du caoutchouc

Dessinez un diagramme avec les différents secteurs d'utilisation du caoutchouc.

Aide: Utilisez les informations suivantes

Aujourd'hui, dans le monde sont consommés plus de 22 mégatonnes de caoutchouc dont 9 mégatonnes sont d'origine naturelle.

Environ 70% de la production est directement destinée à la fabrication de pneus.

Le caoutchouc est utilisé afin de produire des gaines, des courroies, etc.

Le gazon artificiel utilisé pour créer des revêtements de sol pour les sports est fabriqué à partir de caoutchouc.

En médecine, les gants jetables sont souvent produits à partir de latex.

Faites une recherche et exprimez votre opinion sur les **problèmes écologiques** liés à l'utilisation de caoutchouc. Choisissez entre les deux thèmes suivants.

- Le caoutchouc est un matériau difficile à recycler. Cependant les quantités énormes de déchets de pneumatiques et de caoutchouc industriel impliquent la nécessité de réutilisation de ce matériau. Faites une recherche et proposez des pistes de réutilisation ou de transformation des déchets de caoutchouc en produits de qualité.

- Quels sont les avantages et les inconvénients des gazons artificiels.

Pensée du jour

« Qu'importe la crise, le caoutchouc rebondit toujours. »

**Matériaux composites dans la pratique du dentiste
(Les ciments verres ionomères)
Travail documentaire**

Lisez le texte du document 1 et répondez aux questions suivantes.

“Les composites dentaires sont formés de deux constituants principaux, une matrice polymère et une charge. Pour former le polymère, des adjuvants dont des photos activateurs sont incorporés. Le matériau fourni par le fabricant est constitué avant son utilisation par le praticien, d’un mélange de charges d’adjuvants et de monomères.

Dans le cas des composites, le praticien va initialiser la réaction de polymérisation in situ en stimulant des photoamorceurs avec une lampe à lumière blanche.

Grâce à la chaleur et à un catalyseur qui ouvre les doubles liaisons $C=C$, on obtient un polymère.

La structure du composite après polymérisation est dense dans les trois directions de l’espace. Cela empêche les mouvements des molécules. Le matériau obtenu est insoluble et infusible. Il possède, de par sa structure covalente réticulée, de très bonnes propriétés mécaniques et physico-chimiques après réaction complète. Les propriétés finales de la matrice polymère sont liées au taux de réticulation lui-même lié à l’opérateur, aux conditions de travail, et à la constitution des monomères. Des segments de la macromolécule pourront en effet être rendues rigides avec du Bis GMA, souples avec du triéthylène diméthacrylate, élastique avec de l’UDMA⁶.

Actuellement, ce sont toujours les composites, bien utilisés, qui possèdent les meilleures propriétés, mais leur absence de collage naturel aux structures dentaires et leur incompatibilité avec l’eau complique leur protocole d’utilisation⁷.”

Document 1. Les composites dentaires

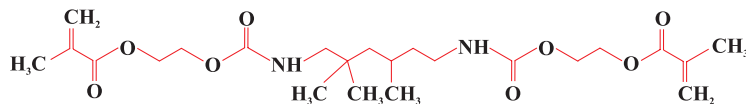
1. Quel est le rôle des charges dans le matériau odontologique?
2. Où se passe la polymérisation?
3. A quelle type de structure sont dues les bonnes propriétés des composites?
4. A quoi sont dues les propriétés diverses des composites?

6 voir Document 2

7 © Université Médicale Virtuelle Francophone

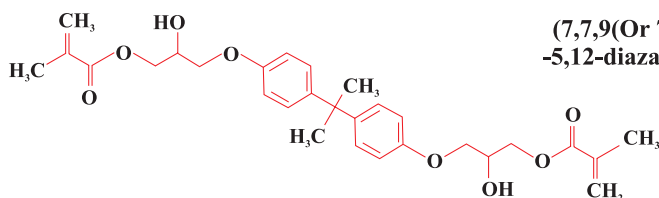
Monomères couramment utilisés

Monomères structurants



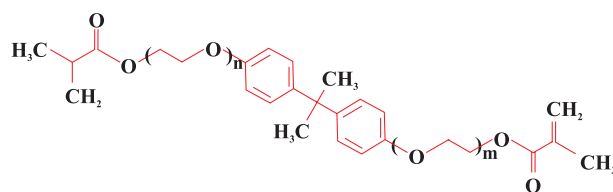
UDMA

(7,7,9(Or 7,9,9)-triméthyl-4,13-dioxo-3,14-dioxo-5,12-diazahexadecane-1,16-diyl bisméthacrylate)



BisGMA

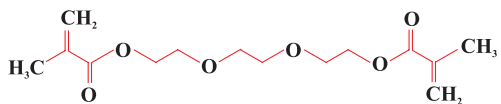
(2,2-bis[4-(2-hydroxy-3-méthacryloyloxypropyl)phényl]propane)



BisEMA

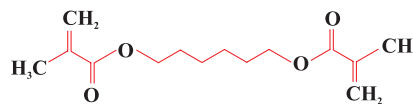
(Ethoxylated Bis Phénol A diméthacrylate)

Diluants



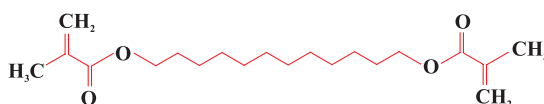
TEGDMA

(Triéthylène glycol diméthacrylate)



HDDMA

(1,6-Hexanediol diméthacrylate)



D3MA

(1,12-Dodécyl diméthacrylate)

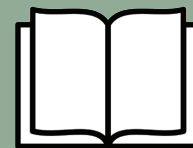
Image 4.11.

Document 2. Tableau de monomères structurants dans les composites dentaires

- Le noyau aromatique dans un monomère contribue à la rigidité du polymère. Identifiez dans le document 2 les monomères qui en contiennent. Écrivez leurs noms.
- L'élasticité des composites est due à la présence de l'UDMA. Dans sa structure il y a des ramifications méthyl. Écrivez la formule de ce groupement.
- Combien de ramifications méthyl y a-t-il dans une molécule de l'UDMA?

24. Polluants de l'air, de l'eau et du sol**25. Mesures de protection de l'environnement****26. Dureté de l'eau****Notions de base:**

- polluants
- recyclage
- mesure de protection de l'environnement
- dureté de l'eau



1. Les polluants

Les polluants sont des substances qui ne sont pas spécifiques à l'environnement ou dont les quantités dépassent les exigences admissibles. Ils peuvent être d'origine naturelle mais le plus souvent ils sont le résultat de l'activité humaine.

2. Les polluants chimiques peuvent être divisés en deux groupes:

- **Les polluants organiques (carbonés):** qui contiennent les éléments carbone et hydrogène au minimum, et qui présentent une toxicité importante à l'égard des êtres vivants. Exemples: les pesticides (organochlorés, les polychlorobiphényles), les hydrocarbures, les dioxines et furannes, les chlorofluorocarbones (CFC), les phtalates.
- **Les polluants inorganiques (minéraux):**

* composés métalliques: se retrouvent à l'état naturel dans l'environnement principalement sous forme de traces d'éléments (concentrations dans les milieux aquatiques de l'ordre du ng ou µg/L). Ces éléments représentent un potentiel polluant, ils sont toxiques pour les organismes et les hommes à des concentrations relativement faibles. L'arsenic, le cadmium, le mercure et le plomb sont les métaux les plus nocifs. Cependant, ces éléments peuvent présenter des formes organiques, comme le mercure (méthylmercure) et l'étain (tributylétain), qui s'avèrent être plus biodisponibles et donc plus toxiques pour l'environnement et les organismes vivants.

* composés non métalliques: les nitrates et les phosphates (responsables du phénomène d'eutrophisation), les cyanures, les fluorures, l'amiante, etc.

3. Polluants de l'air

Les directives de l'Union Européenne (UE) sur la qualité de l'air (directive 2008/50/CE sur la qualité de l'air ambiant et un air plus pur pour l'Europe et directive 2004/107/CE sur les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant) fixent des seuils de concentrations de polluants à ne pas dépasser dans une période de temps donnée. En cas de dépassement, les autorités doivent élaborer et mettre en œuvre des plans de gestion de la qualité de l'air. Ces plans devraient viser à ramener les concentrations de polluants atmosphériques à des niveaux inférieurs aux valeurs limites et cibles.

Les normes européennes sélectionnées et les directives de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sont résumées dans le tableau ci-dessous. Celles-ci s'appliquent sur des durées différentes, car les effets sur la santé observés associés aux divers polluants se produisent sur des durées d'exposition différentes. Les valeurs guides de l'OMS sont fixées pour la protection de la santé et sont généralement plus strictes que les normes européennes comparables convenues politiquement.

EU Air Quality Directives			WHO Guidelines	
Pollutant	Averaging period	Objective and legal nature and concentration	Comments	Concentration
PM _{2.5}	Daily			25 µg/m ³
PM _{2.5}	Annual	Limit value, 25 µg/m ³		10 µg/m ³
PM _{2.5}	Annual	Indicative limit value, 20 µg/m ³		
PM ₁₀	Daily	Limit value: 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year	50 µg/m ³
PM ₁₀	Annual	Limit value: 40 µg/m ³		20 µg/m ³
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Target value: 120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days/year, averaged over 3 years	100 µg/m ³
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Long-term objective: 120 µg/m ³		
NO ₂	Hourly	Limit value: 200 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 18 hours per year	200 µg/m ³
NO ₂	Annual	Limit value: 40 µg/m ³		40 µg/m ³
SO ₂	Hourly	Limit value: 350 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 24 hours per year	
SO ₂	Daily	Limit value: 125 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 3 days per year	20 µg/m ³
CO	Maximum daily 8-hour mean	Limit value: 10 mg/m ³		10 mg/m ³

Image 5.1¹.

Question 1. Observez le tableau ci-dessus et notez les différences dans les valeurs admissibles pour le dioxyde d'azote et pour le dioxyde de soufre par heure et par an. Expliquez pourquoi les valeurs annuelles admissibles sont plusieurs fois inférieures aux valeurs admissibles par heure.

.....

3.1. Les particules de suspension / particules fines (PM_{2,5}; PM₁₀)

PM_{2,5} désigne des particules d'un diamètre inférieur à 2,5 microns. PM₁₀ désigne des particules d'un diamètre inférieur à 10 microns. Afin de pouvoir imaginer à quel point elles sont vraiment fines, comparez avec les cheveux humains qui ont une épaisseur d'environ 60 µm (microns).

Origine: combustions industrielles et domestiques ; échappement des voitures (diesel).

Effet sur la santé: irritation des voies respiratoires.

Effet écologique: le smog qui est un mélange de particules fines et d'ozone. En grande quantité, la vapeur d'eau présente dans l'air se condense sur ces particules. Elles deviennent alors visibles.

1 <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-standards>

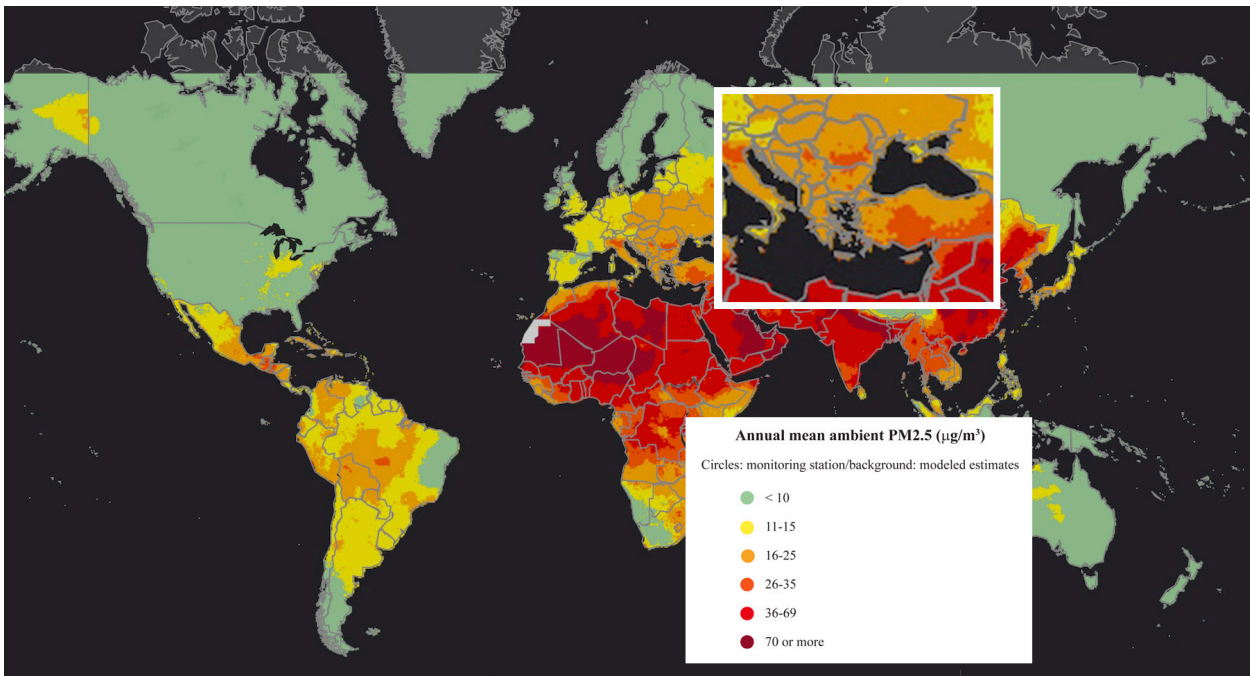


Image 5.2. Pollution aux particules fines dans le monde (2016)²

Question 2. Observez les images 5.1. et 5.2.

Commentez la répartition de la pollution de l'air dans le monde par les particules fines en 2016. Répondez:

L'air en Bulgarie en 2016 était-il exempt de particules fines?

.....

Y avait-il des endroits avec une concentration excessive de particules fines en Bulgarie en 2016?

.....

3.2. Le dioxyde de soufre

Origine: combustion du soufre contenu dans les combustibles fossiles (gazole, fioul, charbon...). Il est libéré dans l'atmosphère par les cheminées des usines ou les chauffages domestiques.

Effet sur la santé: toux, gêne respiratoire.

Effet écologique: les pluies acides, le smog.

Les substances acidifiantes perturbent la composition de l'air, des eaux de surface et du sol. Les pluies acides provoquent des dégâts sur les plantes et la végétation. L'acidification des eaux de surface peut provoquer la mort de certaines espèces et porte atteinte aux chaînes alimentaires aquatiques douces et marines. Ainsi, les substances acidifiantes portent préjudice aux écosystèmes. Les pluies acides attaquent certains matériaux de construction et dégradent ainsi le patrimoine

² <https://en.populationdata.net/maps/monde-pollution-aux-particules-fines-2016>

architectural et culturel. Les émissions de dioxyde de soufre sont aussi à l'origine de la formation de brouillards toxiques connus sous le nom de smog. Le dioxyde de soufre (SO_2) s'associe à des particules en suspension qui ont une affinité avec l'eau. Des gouttelettes de liquide sont ainsi formées dans lesquelles le gaz irritant (SO_2 , par exemple) est fixé. Une mince pellicule imperméable autour de ces gouttelettes empêche leur évaporation. Ces gouttelettes forment ensemble une brume qui est à l'origine du smog.

À partir du 1er janvier 2020, la teneur maximale en soufre des combustibles marins est ramenée à 0,5 % (contre 3,5 %) au niveau mondial, ce qui réduira la pollution atmosphérique et améliorera la protection de la santé et de l'environnement. Les émissions d'oxyde de soufre (SO_x) des moteurs à combustion des navires provoquent des pluies acides et génèrent des particules fines qui peuvent entraîner des maladies respiratoires et cardiovasculaires, ainsi qu'une réduction de l'espérance de vie³.

Document 1. Teneur en soufre de 0,5 % pour les navires

Question 3. Quel type de combustible est utilisé dans les navires? De quel type sont les entreprises qui peuvent réduire la teneur en soufre dans les combustibles marins?

.....

3.3. Les oxydes d'azote

Les composés azotés dans l'atmosphère, analysés par les réseaux sont NO et NO₂ dont la somme étant regroupée sous le terme d'oxydes d'azote (NO_x).

Origine: combustion du fioul, du gazole, du charbon. C'est le secteur des transports qui en produit le plus. Les oxydes d'azote peuvent réagir sur les hydrocarbures polluants émis par les véhicules pour donner de l'ozone.

Effet sur la santé: altération de la fonction respiratoire.

Effet écologique: les précipitations acides, le smog. Les NO_x contribuent à l'acidification et à l'eutrophisation de l'environnement. Ces émissions perturbent la composition de l'air, des eaux de surface et du sol. De plus, ils renforcent de façon indirecte l'effet de serre sans pour autant être pris en compte dans le calcul des objectifs de réduction des gaz à effet de serre. Les NO_x jouent un rôle très important dans quelques-uns des mécanismes de transformations physico-chimiques les plus courants: le smog estival ou pollution photochimique et la formation d'aérosols secondaires. Les brouillards et dépôts acides peuvent avoir des effets directs, en milieu urbain, sur le patrimoine architectural. Les pluies acides ont également des effets néfastes sur la végétation, même à de longues distances des sources. Ainsi, elles portent préjudice aux écosystèmes (déperissement forestier, acidification des lacs d'eau douce, atteinte aux chaînes alimentaires aquatiques douces et marines, etc.).

3 Source: ec.europa.eu

3.4. Les composés organiques volatils (hydrocarbures et autres)

Origine: évaporation des carburants, gaz d'échappements des véhicules.

Effet sur la santé: odeurs désagréables, irritations, diminution de la capacité respiratoire, certains sont considérés comme cancérogènes (benzène, benzo-(a)pyrène).

Effet écologique: dégradation de la couche d'ozone stratosphérique ; précurseurs dans la formation de l'ozone troposphérique.

3.5. Le monoxyde de carbone

Origine: combustion incomplète des combustibles. Son rejet provient à 85% du trafic routier.

Effet sur la santé: perturbation du transport de l'oxygène par le sang.

Effet écologique: affecte les écosystèmes en participant indirectement à l'acidification de l'air, des sols et des cours d'eau, influence indirectement l'effet de serre comme il contribue à l'augmentation des principaux gaz à effet de serre tels que le CO₂ (dioxyde de carbone), le CH₄ (méthane) et le N₂O (oxyde nitreux).

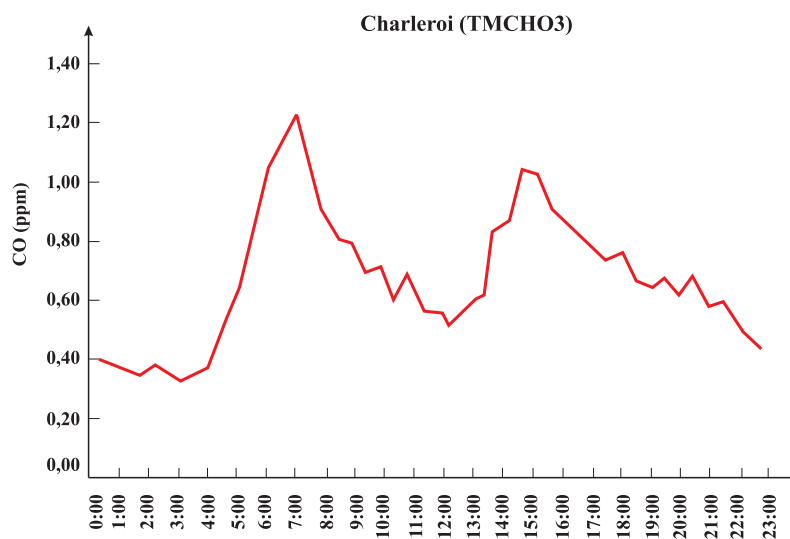


Image 5.3. Valeurs moyennes en monoxyde de carbone au cours d'une journée⁴

CO (ppm)	% CO dans l'air	Symptômes
100	0,01	
200	0,02	Maux de tête, vertiges, nausées, fatigue.
400	0,04	Maux de tête intenses, danger de mort après 3 heures.
800	0,08	Maux de tête, vertiges, nausées. Perte de connaissance en 45 min, décès après 2-3 heures.

4 <http://environnement.wallonie.be/rapports/dppgss/air1997/co.htm>

1600	0,16	Symptômes sévères après 20 min, décès endéans l'heure.
3200	0,32	Maux de tête, vertiges, nausées après 5 min, perte de connaissance après 30 min.
6400	0,64	Céphalées et vertiges après 1 à 2 min, perte de connaissance après 10-15 min.
12800	1,28	Perte de connaissance immédiate, décès en 1 à 3 minutes.

Tableau 1. La gravité d'une intoxication est fonction de la concentration de CO dans l'air et de la durée de l'exposition⁵.

Question 4. Observez l'images 5.3. et le tableau 1. Répondez:

Est-ce que les valeurs moyennes en monoxyde de carbone les plus élevées de l'image 5.3. vont provoquer des symptômes d'intoxication?

.....

Dans quel milieu l'air peut-il contenir du CO en concentrations exclusivement toxiques comme celles du tableau 1.?

.....

3.6. L'ozone

Origine: transformations chimiques sous l'effet du rayonnement solaire de polluants primaires tels que les oxydes d'azote et les composés organiques volatils. Vent faible, forte chaleur et circulation automobile sont les facteurs qui, en général, expliquent son apparition.

Effet sur la santé: Une brève exposition peut causer, entre autres, une irritation des yeux, des voies nasales et de la gorge, une toux et des maux de tête. Une exposition à une forte concentration peut causer une diminution des fonctions pulmonaires. L'ozone est fortement lié à l'asthme et peut en aggraver les symptômes.

Effet écologique: peut provoquer des nécroses visibles sur les feuilles et les aiguilles des arbres, limiter ainsi leur photosynthèse et entraîner le dépérissement forestier et une diminution de la croissance végétale.

3.7. Le dioxyde de carbone, ou gaz carbonique, n'est pas considéré dans la loi française comme un polluant. Pourtant, si nous prenons la définition de ce qu'est une pollution (article L220-2 du Code de l'Environnement), force est de constater que le CO₂ en possède les caractéristiques.

Origine: respiration des organismes, transports, industries. Il résulte essentiellement de la combustion des combustibles fossiles et du changement d'utilisation des sols (agriculture et déforestation). Il est surtout issu du secteur des transports (combustion de carburants), de l'industrie (utilisation des combustibles fossiles) et de l'habitat (utilisation d'énergie pour le chauffage, l'éclairage, ...).

⁵ <https://www.centrentipoisons.be/>

Effet sur la santé: L'air contient aujourd'hui environ 0,04 % de CO₂. À partir d'une certaine concentration dans l'air, ce gaz s'avère dangereux voire mortel. La valeur limite d'exposition est de 3 % sur une durée de 15 minutes. Cette valeur ne doit jamais être dépassée. Au-delà, les effets sur la santé sont d'autant plus graves que la teneur en CO₂ augmente. Ainsi, à 2 % de CO₂ dans l'air, l'amplitude respiratoire augmente. À 4 %, la fréquence respiratoire s'accélère. À 10 %, peuvent apparaître des troubles visuels, des tremblements et des sueurs. À 15 %, c'est la perte de connaissance brutale. À 25 %, un arrêt respiratoire entraîne le décès.

Effet écologique: Le dioxyde de carbone (CO₂) représente 77% des émissions de gaz à effets de serre (GES) d'origine humaine.

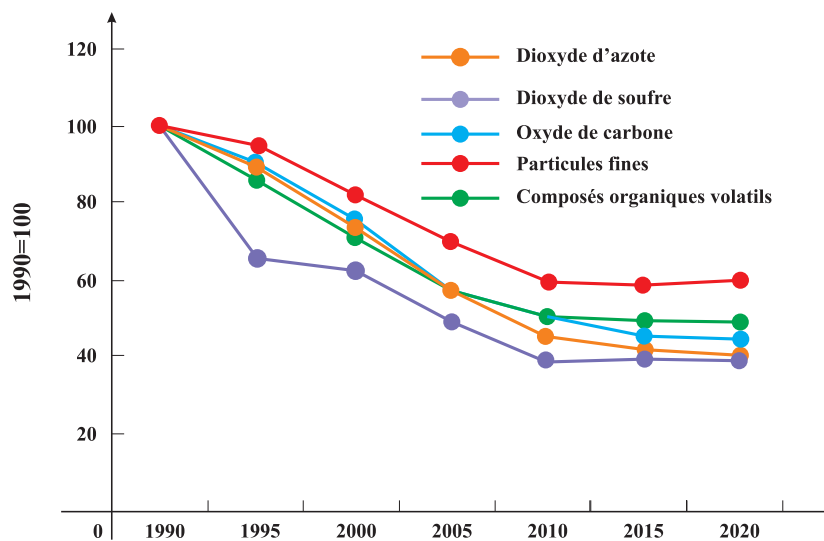


Image 5.4. Réduction de la pollution routière en France⁶

Question 5. Observez l'image 5.4. et répondez:

En quelle période la réduction de la pollution en SO₂ est la plus importante? Donnez au moins une solution possible pour cette forte diminution de la pollution routière en dioxyde de soufre.

.....

Faites une recherche et donnez trois autres solutions possibles pour la diminution de la pollution routière en France.

.....

⁶ http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/protoxyde_d_azote_n2o.php4

4. Polluants de l'eau

Nous sommes constitués d'eau à 60% et nous avons besoin tous les jours d'une quantité moyenne d'1,5 litres d'eau.

La qualité de l'eau revêt donc pour les hommes une importance vitale.

L'eau est un très bon solvant et absorbe rapidement et facilement les molécules.

La pluie contribue ainsi fortement à la pollution de l'eau, en se chargeant des pollutions atmosphériques et en captant, par son ruissellement, les molécules des roches et des sols.

Parmi les principaux polluants de l'eau, citons les nitrates et les phosphates, les pesticides, les hydrocarbures du fait de marées noires* notamment, les bactéries provenant des excréments animaux ou humains, les métaux lourds, les déchets plastiques et les résidus médicamenteux.

* Une marée noire, expression inventée en 1967 à l'occasion du naufrage du Torrey Canyon par un journaliste, est une catastrophe industrielle et écologique se traduisant par l'écoulement en zone côtière d'une nappe d'hydrocarbures. Cette nappe, qui résulte du déversement volontaire ou accidentel d'une quantité importante de pétrole brut ou de produits pétroliers lourds à la mer, est ensuite ramenée vers la côte par l'effet des marées, des vents ou de courants.

La qualité de l'eau du robinet

Question 6. Examinez le Document 2. et répondez aux questions:

Pourquoi le maire du village conseille-t-il de ne pas consommer temporairement l'eau du robinet.

.....
 Expliquez en quoi l'utilisation d'engrais azotés par les agriculteurs peut être une source de pollution de l'eau. Justifiez votre réponse par des formules chimiques et une explication des propriétés physiques des engrais.

Paramètre	Valeur	Limite de qualité
Ammonium (en NH_4^+)	<0,04 mg/L	$\leq 0,1$ mg/L
Bact. aér. revivifiables à 22°-68h	0 n/mL	
Bact. aér. revivifiables à 36°-44h	0 n/mL	
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	0 n/100mL	≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	0 n/100mL	≤ 0 n/100mL
Carbone organique total	1,5 mg/L C	≤ 2 mg/L C
Chlore libre	<0,10 mg/LCl ₂	

Chlore total	0,10 mg/LCl ₂	
Coloration	<5 mg/L Pt	≤ 15 mg/L Pt
Conductivité à 25°C	421 μS/cm	≥200 et ≤ 1100 μS/cm
Entérocoques /100ml-MS	0 n/100mL	≤ 0 n/100mL
Escherichia coli /100ml -MF	0 n/100mL	≤ 0 n/100mL
Fer total	<20 μg/l	≤ 200 μg/l
Nitrates (en NO ₃)	65mg/L	≤ 50 mg/L
Nitrites (en NO ₂)	<0,02 mg/L	≤ 0,5 mg/L
Odeur (qualitatif)	0 qualit.	
Température de l'eau	10,0 °C	≤ 25 °C
pH	8,05 unité pH	≥6,5 et ≤ 9 unité pH

Document 2. Résultats d'analyse de l'eau d'un village

Problème à résoudre avec une recherche documentaire

Question 7. Vous avez une maison de campagne. Vos parents ont décidé de creuser un puits. Aidez-les en recherchant quelle institution devrait être consulté afin de donner un avis sur la qualité de l'eau du puits.

.....

5. Polluants des sols

Les polluants du sol les plus courants et les plus surveillés sont:

les métaux lourds (à comparer au fond géochimique naturel), les hydrocarbures, les huiles minérales, les goudrons, les hydrocarbures halogénés volatils, les organochlorés, les PCT(Polychloroterphényles), les dioxines, les furanes, les phénols, les chlorophénols, et les cyanures, les pesticides, les phtalates, les esters phtaliques, les substances chimiques à usage militaire explosifs, les munitions non explosées, les eutrophisants (nitrates, phosphates), les acides, les bases et les radionucléides.

Discussion

Question 8. Lisez le document 3.

La classe se divise en deux groupes, l'un défend l'agriculture intensive, l'autre la trouve très polluante et défend l'agriculture extensive.

Trouvez des arguments en groupe et organisez un débat en classe.

Définition de l'agriculture intensive

L'agriculture intensive fait référence à l'intensification et à la mécanisation de l'agriculture dans le but d'accroître la productivité d'une terre donnée. Cela est possible grâce à l'utilisation intensive d'intrants tels que le capital, la main-d'œuvre, les engrais, les insecticides, les pesticides, les herbicides, etc., ce qui entraîne une augmentation du rendement de la culture par hectare. Dans ce système, l'utilisation d'intrants est comparativement supérieure à la superficie terrestre.

Il peut également s'appliquer à l'élevage d'animaux, où un grand nombre de bovins sont élevés dans un espace restreint, comme le permet la loi de la juridiction concernée. De plus, les médicaments pour le bétail sont adoptés pour augmenter leur productivité.

L'essence de l'agriculture intensive est que cela dépend des produits chimiques pour accélérer la croissance et augmenter le rendement des cultures.

Définition de l'agriculture extensive

L'agriculture extensive est un système de culture qui utilise des intrants limités, c'est-à-dire la main-d'œuvre, les investissements, les machines, etc., par rapport aux terres cultivées.

Dans cette méthode, les méthodes agricoles traditionnelles sont privilégiées. En outre, la productivité est basée sur la fertilité naturelle du sol, du climat et du terrain de la région. Elle est donc utilisée dans les grandes exploitations pour obtenir des rendements plus élevés et atteindre la rentabilité. La production agricole totale est élevée, en raison de la grande taille de la terre, mais faible en termes de production par unité.

En raison d'une utilisation moindre d'engrais chimiques et de pesticides, il s'agit d'une méthode respectueuse de l'environnement, car elle ne nuit pas à l'environnement.

Document 3. Agriculture intensive ou agriculture extensive⁷

⁷ <https://fr.sawakinome.com/articles/education/difference-between-intensive-and-extensive-farming.html>

6. Tests de reconnaissance de quelques ions dans des eaux et des sols pollués.

Activités expérimentales

Question 9. Planifiez des expériences chimiques pour l'analyse qualitative de l'eau.

Outils: trépied pour tubes à essai, tubes à essai, béchers, éprouvettes graduées, plaques compte-gouttes, pipettes.

Réactifs et matériaux: échantillons d'eau, extrait d'eau du sol, indicateur universel, acide nitrique (2 mol/L), acide chlorhydrique (1 mol/L), nitrate d'argent (0,1 mol/L), dichlorure de baryum (0,2 mol/L), papier test languettes Phosphate.

Décrire un protocole afin de déterminer le pH des échantillons d'eau testés.

Décrire un protocole afin de tester les échantillons d'eau pour la présence de chlorures.

Décrire un protocole afin de tester les échantillons d'eau pour la présence de sulfates.

Décrire un protocole afin de tester les échantillons d'eau pour la présence de phosphates.

Discutez les expériences décrites avec l'enseignant.

1. Dans le domaine de l'économie

Question 1. À l'aide des informations du Document 1 et de vos connaissances, dessinez un schéma d'une économie linéaire et un autre schéma d'une économie circulaire.

La population croissante de la Terre et la nécessité de produire des quantités toujours croissantes de produits conduisent à l'épuisement des ressources naturelles et des matières premières. Dans le même temps, de nombreux produits deviennent des déchets qui nécessitent un stockage ou un recyclage. Une issue à cette situation est recherchée dans le passage d'une économie linéaire à une économie circulaire. Dans une économie linéaire, les produits usagés sont transformés en déchets, qui sont mis en décharge. La transition vers une économie circulaire cherche des moyens de réutiliser certains produits en les réparant, en les réutilisant sous une autre forme ou en les réintégrant dans le processus de production grâce au recyclage. Cela permet d'économiser des matières premières et de l'énergie.

En effet, dans l'économie circulaire, il s'agit de créer des produits grâce aux matières premières secondaires. Produits qui seront utilisés, réutilisés et recyclés. Dans une économie linéaire, il s'agira d'extraire les matières premières, les utiliser pour ensuite les jeter.

Document 1. Vers une économie circulaire⁸

2. Dans le domaine des déchets

Question 2. Faites une recherche afin d'identifier quelle est l'institution dans votre ville qui est responsable de la mise en décharge et de la collecte sélective des déchets. Interrogez un responsable sur les mesures prises pour réduire les déchets.

Question 3. Faites une enquête dans votre ville (région) auprès des entreprises de recyclage.

3. Dans le domaine de l'énergie

Question 4. Choisissez un des thèmes suivants. Faites une recherche et présentez les informations regroupées.

Développement des ressources énergétiques renouvelables.

Recherche de technologies moins énergivores.

Recyclage de l'énergie thermique libérée.

⁸ Химия и ООС, 10. клас, Педагог 6

4. Dans le domaine des habitations

Question 5. Faites une recherche sur le thème: La maison écologique.

Présentez différents types de maisons écologiques.

Décrivez au moins trois avantages d'une maison écologique.

Une maison écologique a-t-elle des inconvénients? Si oui, notez-les.

5. Les catastrophes industrielles

Question 6. Lisez le document 2. Quels types de problèmes environnementaux a causé cette explosion? Justifiez en quelques phrases.

.....

.....

.....

.....

Les sites de production d'engrais sont des sites dangereux en raison des conditions d'exploitation, de l'utilisation et du stockage de substances hautement inflammables. L'usine AZF de Toulouse qui a explosé en 2001 était par exemple une usine de production d'ammoniac, d'urée et de nitrates. Un stock d'environ 300 à 400 t de nitrate d'ammonium destiné à la production d'engrais a explosé dans un bâtiment, creusant un cratère de forme ovale de 70 m de long et 40 m de largeur, et de 5 à 6 m de profondeur. La détonation a été entendue à plus de 80 km de Toulouse. Un séisme de magnitude 3,4 a été enregistré.

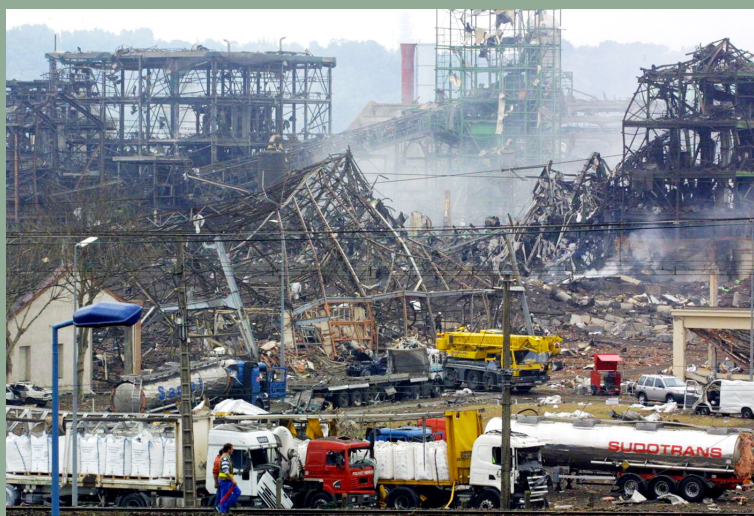


Image 5.5. Photographie de l'usine AZF de Toulouse après son explosion en 2001

Document 2. Une catastrophe industrielle⁹

⁹ <https://www.dna.fr/faits-divers/2011/09/20/qui-est-responsable>

1. La dureté de l'eau

Question 1. Complétez les trois textes suivants portant sur la dureté de l'eau en utilisant les mots et les expressions suivants: *douce/s, dureté de l'eau, dure/s*.

Texte 1.

La de l'eau est due à la présence de calcium Ca^{2+} dissous sous forme d'ions et, dans une moindre mesure, d'ions magnésium Mg^{2+} . Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. Les eaux souterraines, issues de roches sédimentaires (calcaires), sont Les eaux souterraines issues de terrains siliceux (granite, grès) sont douces. Les eaux de surface, qui n'ont pas eu le temps de se charger en ions, sont

Texte 2.

Une eau alimentaire ne doit pas être trop car l'Homme a besoin de calcium et de magnésium pour son métabolisme et la constitution de ses os. De plus, une eau trop douce attaque les canalisations, et certains métaux toxiques comme le plomb ou le cuivre peuvent se retrouver dans l'eau sous forme d'ions.

Texte 3.

Une eau conduit à la formation d'un dépôt de tartre (carbonate de calcium ou de magnésium solides) dans les conduites d'eau et la robinetterie et sur appareils électroménagers comme le lave-linge. Ces derniers consomment alors plus d'énergie et ont une durée de vie moindre. La conduit également à une utilisation supérieure de détergents et de savon, moins efficaces dans une eau dure. L'eau utilisée en cuisson influence le goût de la nourriture.

Question 2. Différents modèles de chauffe-eau existent. Certains sont plus adaptés aux eaux dures et seront plus résistants dans le temps face au dépôt de calcaire. En revanche d'autres modèles ne tiennent pas compte de ce paramètre et seront plutôt utilisés pour des eaux douces.

La famille Ivanovi de Dobrich souhaite changer son chauffe-eau. En vous aidant des informations proposées dans le texte 3 et l'image 5.6, proposez en quelques phrases des conseils que pourrait donner un vendeur de chauffe-eau à la famille Ivanovi quant au choix le plus adapté lors de leur achat.

.....

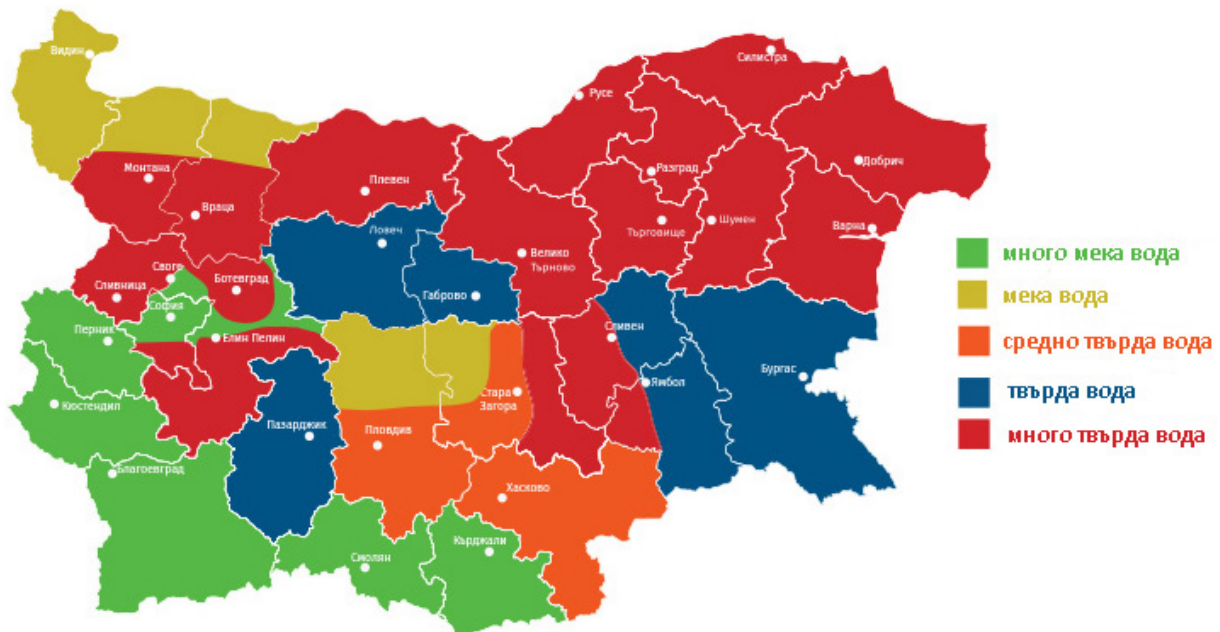


Image 5.6. Carte de la dureté de l'eau en Bulgarie¹⁰

La dureté de l'eau est évaluée selon l'échelle de dureté:

Dureté totale de l'eau	Degrés de dureté [dGH, °dH] ¹¹	Degrés de dureté [°fH]	Degrés de dureté [mmol/L]
Eau très douce	0 ÷ 4		
Eau douce	4 ÷ 8		
Eau moyennement dure	9 ÷ 17		
Eau très dure	≥ 18		

Tableau 1. Dureté totale de l'eau

Conversion de la dureté de l'eau:

$$1 \text{ mmol/L} = 5,6 \text{ °dH}$$

$$1 \text{ dGH} = \text{°dH} = 0,1783 \text{ mmol/L}$$

Le degré français (°f ou °fH), est l'unité du titre hydrotimétrique (TH), caractérisant la dureté de l'eau, et du titre alcalimétrique complet (TAC) utilisée en France et en Suisse.

$$1 \text{ °fH} = 0,56029 \text{ dGH}$$

Question 3. Remplir le tableau 1. en faisant la conversion entre les différentes unités des trois méthodes d'adoucissement de l'eau.

¹⁰ <https://tedan.bg/bg/Elektricheski-boyler-Standard-BT-80l-inox-2kW-sys-suh-nagrevatel.p3010#gallery-3>

¹¹ degrés de dureté générale (dGH), degrés allemands (°dH)

2. Adoucissement d'une eau dure

Dans le cas d'eau à minéralisation excessive (eau salée, eau très dure), plusieurs procédés sont utilisables.

Question 4. Reconstituez les noms des trois méthodes d'adoucissement de l'eau.

A choisir entre: *osmose inverse, distillation, décarbonatation*

La qui consiste à vaporiser l'eau salée et à liquéfier la vapeur d'eau obtenue, ainsi totalement débarrassée des ions;

L' qui est une filtration sous pression à travers une membrane ne laissant passer que les molécules d'eau.

La à l'aide de résines échangeuses d'ions (les ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} se fixent sur la membrane et leur concentration dans l'eau diminue).

Question 5. Faites une recherche et présentez les domaines d'utilisation des trois méthodes de la question 4.

А

агрегатно състояние – état physique
азотна киселина – acide nitrique
активност на металите – réactivité des métaux
акумулаторна батерия – batterie rechargeable; pile rechargeable
алдехиди – aldéhydes
алкохоли – alcools
алотропия – allotropie
алотропна форма – forme allotropique
алпака (ново сребро) – maillechort
амини – amines
аминокиселини – acides aminés
амфотерен – amphotère
анион – anion
анод – anode
ароматно съединение – composé aromatique

Б

барут – poudre
батерия – pile
белтъци – protéines
биокатализатор – biocatalyseur
бойлер – chauffe-eau
бронз – bronze

В

валентност – valence
варовик – calcaire
вещество – substance
високомолекулно съединение – substance de masse moléculaire élevée
влакна – fibres
влиия – influencer
воден разтвор – solution aqueuse
водна баня – bain-marie
водороден показател – potentiel hydrogène
водородна връзка – liaison hydrogène
водоустойчив – étanche
вреда – préjudice

вулканизация – vulcanisation
въглеводороди – hydrocarbures
въглеродна верига – chaîne carbonée
въглеродна киселина – acide carbonique
въглехидрати – glucides
въглища – charbon
вълна – laine

Г

газообразно състояние – état gazeux
глицериди – glycérides
горене – combustion
графит – graphite
грънчарство – poterie

Д

делокализирана връзка – liaison délocalisée
депо за отпадъци – décharge
диамант – diamant
дизахариди – disaccharides, diholosides
динамично равновесие – équilibre dynamique
диспропорциониране – dismutation
дифузия – diffusion
добавки – additifs
добавям – ajouter
допустима стойност – valeur admissible
държач на епруветки – pince pour tube à essai

Е

еднородност на системата – homogénéité du système
екзотермична реакция – réaction exothermique
електрод – électrode
електролит – électrolyte
електролитна дисоциация – dissociation électrolytique
електролиза – électrolyse
ендотермична реакция – réaction endothermique
енергия – énergie
ензим – enzyme

ерленмайерова колба – erlenmeyer
епруветка – tube à essai

З

заместителна реакция – réaction de substitution
замърсител – polluant
замърсяване – pollution
замърсен – pollué
запояване – soudure
заряд – charge
затоплям – réchauffer
зидария – hourdage
зъбен камък – tartre

И

избистряне – clarification
изкопаеми горива – combustibles fossiles
изкуствена трева – gazon artificiel
инокс – inox

Й

йон – ion

К

калоричност – valeur calorique
кана за топла вода (чайник) – bouilloire
карбонилни производни – dérivés carbonylés
карбоксилни киселини – acides carboxylique
катализатор – catalyseur
катализа – catalyse
катион – cation
катод – cathode
качествен състав – composition qualitative
качествена реакция – test de reconnaissance
каучук – caoutchouc
керамика – céramique
керемиди – tuile
кетони – cétones
кипене (шумене за таблетка) – effervescence
киселина – acide
киселинен – acide

киселинен дъжд – pluie acide
кислородна вода – eau oxygénée
кладенец – puits
ковалентна връзка – liaison covalente
колба – ballon
количествен състав – composition quantitative
количество вещество – quantité de matière
комин – cheminée
композити – matériaux composites
контактна повърхност – surface de contact
концентрация – concentration
коприна – soie
корозия – corrosion
котлен камък – calcaire
крива – courbe
крушка – ampoule

Л

лаборатория – laboratoire
лен – lin
лимонена киселина – acide citrique
линеен полимер – polymère linéaire
липиди – lipides

М

мазилка – enduit
мазнини – graisses
маса – masse
масло – huile
масова част – fraction massique
материал – matériau
междумолекулна връзка – liaison intermoléculaire
месинг – laiton
метал – métal
металургия – métallurgie
мерителен цилиндър – éprouvette graduée
молна концентрация – concentration molaire
молна маса – masse molaire
монозахариди – monosaccharides, oses
мярка – mesure

Н

налягане – pression
напоявам – imbiber
напълвам – remplir
наситен – saturé
ненаситен – insaturé
неелектролит – non-électrolyte
неметал – non-métal
необратима реакция – réaction irréversible
неорганично съединение – composé inorganique
неполярен – non polaire, apolaire
непрозрачен – opaque
непромокаем – étanche
неразтворим – insoluble
неръждаема стомана (инокс) – acier inoxydable (inox)
неутрален – neutre
неутрализация – neutralisation
нефт – pétrole
ниска температура – basse température
нишесте – amidon
нуклеинови киселини – acides nucléiques

О

обем – volume
обмен – échange
обратима реакция – réaction réversible
озонов слой – couche d'ozone
окисление – oxydation
окислител – oxydant
окислително-редукционен процес – réaction d'oxydoréduction, réaction redox
оксид – oxyde
омекотител за вода – adoucisseur (d'eau)
омекотяване (на вода) – adoucissement (de l'eau)
омрежен полимер – polymère réticulé
органично съединение – composé organique
опазване – protection
оптимални производствени условия – conditions optimales de production

освобождавам (отделям) – libérer
осмоза – osmose
осмотично налягане – pression osmotique
основа – base
основен – basique
отбелязвам – marquer
отделям (освобождавам) – dégager
отделяне – dégagement
отлагане – dépôt
отпадъци – déchets
охлаждам – refroidir

П

парников газ – gaz à effet de serre
парников ефект – effet de serre
парно налягане – pression de vapeur saturante
пептиди – peptides
пещера – grotte
пипета – pipette
пластмаси – plastiques
поглъщам (абсорбирам) – absorber
полизахариди – polysaccharides
полимер – polymère
полярен – polaire
потъмняване (на разтвор) – ternissement
почистване – dégrassage
превръщане – conversion
предно стъкло (на автомобил) – pare-brise
предпазни очила – lunettes de sécurité
преситен – sursaturé
преход на електрони – transfert d'électrons
природен газ – gaz naturel
проба – échantillon
продукти – produits
производни на въглеводородите – dérivés d'hydrocarbure
прозрачен – transparent
промишленост (химическа) – industrie (chimique)
проста връзка – liaison simple
просто вещество – corps simple

Р

равномерен – uniforme
равномерно – uniformément
разклонен – ramifié
разкъсвам – rompre
разлагане – dégradation, décomposition
разпределям – répartir
разпространение (в природата) – répartition (dans la nature)
разтварям – dissoudre
разтвор – solution
разтворено вещество – soluté
разтворимост – solubilité
разтворител – solvant
разтваряне – dissolution
реагенти – réactifs
ред на относителната активност на металите (РОАМ) – série d'activité des métaux
редуктор – réducteur
редукция – réduction
рециклиране – recyclage

С

свойство – propriété
селско стопанство – agriculture
силен електролит – électrolyte fort
синтероване – frittage
скорост на химичната реакция – vitesse de réaction
слаб електролит – électrolyte faible
сложна връзка (двойна или тройна) – liaison multiple (double ou triple)
смес – mélange
смог – smog
сода каустик – soude caustique
сол – sel
солна киселина – acide chlorhydrique
солници – marais salants
спиртна лампа – lampe à alcool
сплав – alliage
среда – milieu
стайна температура – température ambiante

статив за епруветки – support tubes
степен на електролитна дисоциация – degré de dissociation
степен на окисление – nombre (ou degré) d'oxydation
стомана – acier
строеж – structure
стъклообразуване – vitrification
суровина – matière première
съдържание на – teneur en
състав – composition, constitution
съставявам – constituer
сярна киселина – acide sulfurique

Т

твърдо агрегатно състояние – état physique solide
твърдост на водата – dureté de l'eau
температура – température
термохимия – thermochimie
течно (прилагателно), течност (съществително) – liquide
топим – fusible
топлина – chaleur
топлина на изгаряне – chaleur (énergie) de combustion
топлина на образуване – chaleur (énergie) de formation
топлинен ефект – chaleur de réaction
тухла – brique

У

утаечна реакция – réaction de précipitation
утайка – précipité
утаяване – précipitation

Ф

фактор – facteur
фаянс – faïence
фаянсови плочки – carrelage
феноли – phénols

фини прахови частици – particules fines,
particules de suspension
фейерверки – feux d'artifice
фотохимичен смог – smog photochimique

Х

хаванче и чукче – mortier et pilon
хетерогенен – hétérogène
хидратация – hydratation
хидролиза – hydrolyse
хидроксид – hydroxyde
хидроксилни производни – dérivés
hydroxylés
химичен експеримент – expérience chimique
химична връзка – liaison chimique
химична кинетика – cinétique chimique
химична система – système chimique
химично вещество – espèce chimique

химично превръщане (взаимодействие) –
transformation chimique
химично равновесие – équilibre chimique
химично съединение – composé chimique
химично уравнение – équation chimique,
équation-bilan
хомогенен – homogène

Ч

часовниково стъкло – verre de montre
частица – particule
частичен заряд – charge partielle
чугун – fonte

Ш

шлифоване – meulage
шпатула – spatule

A

absorber – поглъщам (абсорбирам)
 acide – киселина
 acide – киселинен
 acide carbonique – въглеродна киселина
 acide chlorhydrique – солна киселина
 acide citrique – лимонена киселина
 acide nitrique – азотна киселина
 acide sulfurique – сярна киселина
 acides aminés – аминокиселини
 acides carboxylique – карбоксилни киселини
 acides nucléiques – нуклеинови киселини
 acier – стомана
 acier inoxydable (inox) – неръждаема стомана (инокс)
 additifs – добавки
 adoucissement (de l'eau) – омекотяване (на вода)
 adoucisseur (d'eau) – омекотител за вода
 agriculture – селско стопанство
 ajouter – добавям
 alcools – алкохоли
 aldéhydes – алдехиди
 alliage – сплав
 allotropie – алотропия
 amidon – нишесте
 amines – амини
 amphotère – амфотерен
 ampoule – крушка
 anion – анион
 anode – анод

B

bain-marie – водна баня
 ballon – колба
 base – основа
 basique – основен
 basse température – ниска температура
 batterie rechargeable – акумулаторна батерия
 biocatalyseur – биокатализатор
 bouilloire – кана за топла вода (чайник)
 brique – тухла
 bronze – бронз

C

calcaire – варовик
 calcaire – котлен камък
 caoutchouc – каучук
 carrelage – фаянсови плочки
 catalyse – катализа
 catalyseur – катализатор
 cathode – катод
 cation – катион
 céramique – керамика
 cétones – кетони
 chaîne carbonée – въглеродна верига
 chaleur – топлина
 chaleur (énergie) de combustion – топлина на изгаряне
 chaleur (énergie) de formation – топлина на образуване
 chaleur de réaction – топлинен ефект
 charbon – въглища
 charge – заряд
 charge partielle – частичен заряд
 chauffe-eau – бойлер
 cheminée – комин
 cinétique chimique – химична кинетика
 clarification – избистряне
 combustibles fossiles – изкопаеми горива
 combustion – горене
 composé aromatique – ароматно съединение
 composé chimique – химично съединение
 composé inorganique – неорганично съединение
 composé organique – органично съединение
 composition qualitative – качествен състав
 composition quantitative – количествен състав
 composition, constitution – състав
 concentration – концентрация
 concentration molaire – молна концентрация
 conditions optimales de production – оптимални производствени условия
 constituer – съставявам
 conversion – превръщане

corps simple – просто вещество
corrosion – корозия
couche d'ozone – озонен слой
courbe – крива

D

décharge – депо за отпадъци
déchets – отпадъци
décrassage – почистване
dégagement – отделяне
dégager – отделям (освобождавам)
dégradation, décomposition – разлагане
degré de dissociation – степен на електролитна дисоциация
dépôt – отлагане
dérivés carbonylés – карбонилни производни
dérivés d'hydrocarbure – производни на въглеродородите
dérivés hydroxylés – хидроксилни производни
diamant – диамант
diffusion – дифузия
disaccharides, diholosides – дизахариди
dismutation – диспропорциониране
dissociation électrolytique – електролитна дисоциация
dissolution – разтваряне
dissoudre – разтварям
dureté de l'eau – твърдост на водата

E

eau oxygénée – кислородна вода
échange – обмен
échantillon – проба
effervescence – кипене (шумене за таблетка)
effet de serre – парников ефект
électrode – електрод
électrolyse – електролиза
électrolyte – електролит
électrolyte faible – слаб електролит
électrolyte fort – силен електролит

enduit – мазилка
énergie – енергия
enzyme – ензим
éprouvette graduée – мерителен цилиндър
équation chimique, équation-bilan – химично уравнение
équilibre chimique – химично равновесие
équilibre dynamique – динамично равновесие
erlenmeyer – ерленмайерова колба
espèce chimique – химично вещество
étanche – водоустойчив
étanche – непромокаем
état gazeux – газообразно състояние
état physique – агрегатно състояние
état physique solide – твърдо агрегатно състояние
expérience chimique – химичен експеримент

F

facteur – фактор
faïence – фаянс
feux d'artifice – фейерверки
fibres – влакна
fonte – чугун
forme allotropique – алотропна форма
fraction massique – масова част
frittage – синтероване
fusible – топим

G

gaz à effet de serre – парников газ
gaz naturel – природен газ
gazon artificiel – изкуствена трева
glucides – въглехидрати
glycérides – глицериди
graisses – мазнини
graphite – графит
grotte – пещера

Н

hétérogène – хетерогенен
homogène – хомогенен
homogénéité du système – еднородност на системата
hourdage – зидария
huile – масло
hydratation – хидратация
hydrocarbures – въглеводороди
hydrolyse – хидролиза
hydroxyde – хидроксид

И

imbiber – напоявам
industrie (chimique) – промишленост (химическа)
influencer – влияя
inox – инокс
insaturé – ненаситен
insoluble – неразтворим
ion – йон

Л

laboratoire – лаборатория
laine – вълна
laiton – месинг
lampe à alcool – спиртна лампа
liaison chimique – химична връзка
liaison covalente – ковалентна връзка
liaison délocalisée – делокализирана връзка
liaison hydrogène – водородна връзка
liaison intermoléculaire – междумолекулна връзка
liaison multiple (double ou triple) – сложна връзка (двойна или тройна)
liaison simple – проста връзка
libérer – освобождавам (отделям)
lin – лен
lipides – липиди
liquide – течно (прилагателно), течност (съществително)
lunettes de sécurité – предпазни очила

М

maillechort – алпака (ново сребро)
marais salants – солници
marquer – отбелязвам
masse – маса
masse molaire – молна маса
matériau – материал
matériaux composites – композити
matière première – суровина
mélange – смес
mesure – мярка
métal – метал
métallurgie – металургия
meulage – шлифоване
milieu – среда
monosaccharides, oses – монозахариди
mortier et pilon – хаванче и чукче

Н

neutralisation – неутрализация
neutre – неутрален
nombre (ou degré) d'oxydation – степен на окисление
non polaire, apolaire – неполярен
non-électrolyte – неелектролит
non-métal – неметал

О

opaque – непрозрачен
osmose – осмоза
oxydant – окислител
oxydation – окисление
oxyde – оксид

Р

pare-brise – предно стъкло (на автомобил)
particule – частица
particules fines, particules de suspension – фини прахови частици
peptides – пептиди
pétrole – нефт

phénols – феноли
pile – батерия
pile rechargeable – акумулаторна батерия
pince pour tube à essai – държач на епруветки
pipette – пипета
plastiques – пластмаси
pluie acide – киселинен дъжд
polaire – полярен
polluant – замърсител
pollué – замърсен
pollution – замърсяване
polymère – полимер
polymère linéaire – линеен полимер
polymère réticulé – омержен полимер
polysaccharides – полизахариди
potentiel hydrogène – водороден показател
poterie – грънчарство
poudre – барут
précipitation – утаяване
précipité – утайка
préjudice – вреда
pression – налягане
pression de vapeur saturante – парно налягане
pression osmotique – осмотично налягане
produits – продукти
propriété – свойство
protection – опазване
protéines – белтъци
puits – кладенец

Q

quantité de matière – количество вещество

R

ramifié – разклонен
réactifs – реагенти
réaction d'oxydoréduction, réaction redox – окислително-редукционен процес
réaction de précipitation – утаечна реакция

réaction de substitution – заместителна реакция
réaction endothermique – ендотермична реакция
réaction exothermique – екзотермична реакция
réaction irréversible – необратима реакция
réaction réversible – обратима реакция
réactivité des métaux – активност на металите
réchauffer – затоплям
recyclage – рециклиране
réducteur – редуктор
réduction – редукция
refroidir – охлаждам
remplir – напълвам
répartir – разпределям
répartition (dans la nature) – разпространение (в природата)
rompre – разкъсвам

S

saturé – наситен
sel – сол
série d'activité des métaux – ред на относителната активност на металите (РОАМ)
smog – смог
smog photochimique – фотохимичен смог
soie – коприна
solubilité – разтворимост
soluté – разтворено вещество
solution – разтвор
solution aqueuse – воден разтвор
solvant – разтворител
soude caustique – сода каустик
soudure – запояване
spatule – шпатула
structure – строеж
substance – вещество
substance de masse moléculaire élevée – високомолекулно съединение

support tubes – статив за епруветки
surface de contact – контактна повърхност
sursaturé – преситен
système chimique – химична система

T

tartre – зъбен камък
température – температура
température ambiante – стайна температура
teneur en – съдържание на
ternissement – потъмняване (на разтвор)
test de reconnaissance – качествена реакция
thermochimie – термохимия
transfert d'électrons – преход на електрони
transformation chimique – химично превръщане (взаимодействие)
transparent – прозрачен

tube à essai – епруветка
tuile – керемиди

U


uniforme – равномерен
uniformément – равномерно

V

valence – валентност
valeur admissible – допустима стойност
valeur calorique – калоричност
verre de montre – часовниково стъкло
vitesse de réaction – скорост на химичната реакция
vitrification – стъклообразуване
volume – обем
vulcanisation – вулканизация

SOURCES

1. Министерство на образованието и науката, УЧЕБНА ПРОГРАМА ПО ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА X КЛАС (ОБЩООБРАЗОВАТЕЛНА ПОДГОТОВКА), в сила от учебната 2019/2020 година.
2. Лиляна Боянова, Красимир Николов, Емилия Тодорова, Ивайло Ушагелов, 2020 г., ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА 10. КЛАС, София, ©Просвета – София
3. Стефан Цаковски, Александрия Генджова, Пенка Василева, Борис Толев, Магдалена Дочева, Кирил Атанасов, 2019 г., ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА 10. КЛАС, © КЛЕТ БЪЛГАРИЯ
4. Митка Павлова, Милена Кирова, Елена Бояджиева, Валентина Иванова, Невена Върбанова, Ирина Андонова, Веселина Рангелова, 2019 г., ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА 10. КЛАС, © ПЕДАГОГ 6
5. Боряна Донкова, Васил Делчев, Илия Манолов, Йорданка Стефанова, Галя Шуманова, Камелия Савова, Татяна Гюзелева, 2019 г., ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА 10. КЛАС, © КЛЕТ БЪЛГАРИЯ
6. Данчо Даналев, Лилия Овчарова, Марко Костадинов, Маргарита Йотова, Ивайло Трайков, Свобода Бенева, 2019 г., ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА 10. КЛАС, © Регалия 6
7. Виолета Константинова, Хариета Димитрова, Даниела Маноилова, 2019 г., ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА ЗА 10. КЛАС, САНПРО
8. Joël Carrasco, Gaëlle Cormerais, 2011, Physique Chimie 1re S, Paris, ©Hatier
9. Michel BARDE, Nathalie BARDE, Jacqueline FAYE, Philippe FAYE, Antoine LA PIANA, Anne-Laure RAMON, 2010, Physique Chimie 2nde, Paris, ©HACHETTE LIVRE
10. Jérôme Fréret, Julien Moncany, Carole Rabuteau, Nathalie Benguigui, Patrice Brossard, Joël Carrasco, Gaëlle Cormerais, Éric Langlois, Jacques Royer, 2020, Physique Chimie Tle générale Spécialité, Paris, ©Hatier
11. <https://www.youtube.com>
 - <https://youtu.be/f9tCHWWktYc>
 - <https://youtu.be/qQwMkY1Ymma>
 - <https://youtu.be/0WcoIfxXSv0>
 - <https://youtu.be/N1WiDef-Xb8>
 - <https://youtu.be/swiyYt4ejZM>
12. <https://learningapps.org>
 - <https://learningapps.org/watch?v=p8e4bwyzc21>
 - <https://learningapps.org/watch?v=pew5dnwda21>
 - <https://learningapps.org/watch?v=p6g2w7fz321>
 - <https://learningapps.org/watch?v=pafvyhd7t21>
 - <https://learningapps.org/watch?v=p747mjdm521>
13. <https://www.wikipedia.org>
14. <https://www.shutterstock.com>
15. <http://environnement.wallonie.be>
16. <http://home.citycable.ch>
17. <http://monde.ccdmd.qc.ca>
18. <http://vaenp1.synology.me>
19. <http://www.actu-environnement.com>
20. <http://www.meteo.bg>
21. <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr>

- 
22. <https://commons.wikimedia.org>
 23. <https://en.populationdata.net>
 24. <https://fr.khanacademy.org>
 25. <https://fr.m.wikibooks.org>
 26. <https://fr.sawakinome.com>
 27. <https://tedan.bg>
 28. <https://www.01net.com>
 29. <https://www.750g.com>
 30. <https://www.centreantipoisons.be>
 31. <https://www.diplomatie.gouv.fr>
 32. <https://www.dna.fr>
 33. <https://www.eea.europa.eu>
 34. <https://www.futura-sciences.com>
 35. <https://www.hortensia-hydrangea.fr>
 36. <https://www.msmanuals.com/fr>
 37. <https://www.nobelprize.org>
 38. <https://www.pourlascience.fr>
 39. <https://www.santemagazine.fr>
 40. <https://www.techno-science.net>
 41. <https://www.zeiss.fr>
 42. Jérôme Fréret, Julien Moncany, Carole Rabuteau, Nathalie Benguigui, Patrice Brossard, Joël Carrasco, Gaëlle Cormerais, Éric Langlois, Jacques Royer, 2020, Physique Chimie Tle générale Spécialité, Paris, ©Hatier
 43. Joël Carrasco, Gaëlle Cormerais, 2011, Physique Chimie 1re S, Paris, ©Hatier
 44. Michel BARDE, Nathalie BARDE, Jacqueline FAYE, Philippe FAYE, Antoine LA PIANA, Anne-Laure RAMON, 2010, Physique Chimie 2nde, Paris, ©HACHETTE LIVRE
 45. source: ec.europa.eu
 46. Université Médicale Virtuelle Francophone

