

Structure des molécules

1. Doc A : Les éléments chimiques les plus présents dans le corps humain

Abondance relative des éléments dans le corps humains :

Il existe, à ce jour, 118 éléments chimiques, 90 éléments sont naturels. Environ 25 sont présents dans le corps humain.

97,5 % du poids	1,75 % du poids	0,75 % du poids, oligo-éléments
65 % oxygène (O)	1 % phosphore (P)	magnésium (Mg) - fluor (F) - fer (Fe)
18 % carbone (C)	0,2 % potassium (K)	Silicium (Si) - zinc (Zn) - cuivre (Cu)
10 % hydrogène (H)	0,25 % soufre (S)	iode (I) - étain (Sn) - sélénium (Se)
3 % azote (N)	0,15 % sodium (Na)	vanadium(V)-manganèse(Mn)-molybdène(Mo)
1,5 % calcium (Ca)	0,15 % chlore (Cl)	chrome (Cr) - cobalt (Co) - nickel (Ni)

L'élément carbone C :

du latin carbo, carbonis: charbon

Le carbone doit son nom au minerai dont il est le principal constituant. Le carbone était déjà connu dans l'antiquité.

Il fallut néanmoins attendre le XIX^{ème} siècle pour en connaître les multiples formes (diamant, graphite, etc...)

Composant essentiel des molécules organiques comme les glucides, lipides et protides. Dans l'organisme, il est toujours associé à d'autres éléments chimiques.

L'élément hydrogène H :

vient du grec udôr (eau) et gennao (engendrer)

C'est l'élément le plus abondant de l'univers.

C'est un des 2 éléments de l'eau (H₂O) qui elle est présente dans 70 % du corps humain. Combiné à d'autres éléments, il est dans toute matière organique. Sous forme d'ions , il influence le pH des liquides biologiques (sang, lymphes, larmes, salive...)

L'élément oxygène O :

du grec oxus (acide) et gennao (engendrer). Très présent dans le globe terrestre (60 %). Composant de l'eau aussi et de nombreuses molécules comme les sucres par exemple. Il est l'élément essentiel dans les processus respiratoires de la plupart des cellules vivantes, la nutrition, dans la fabrication d'ATP, l'énergie des cellules...

L'élément azote N :

Du grec zôê (la vie) et a- préfixe privatif. Découvert en 1772 par Rutherford, l'azote fut baptisé par Lavoisier. Son nom rend compte de son caractère impropre à la vie, par opposition à l'oxygène, autre composant principal de l'air. En 1790 Chaptal proposa le nom de Nitrogène, afin de souligner le lien de parenté avec l'acide nitrique alors appelé nitre (nitrogène: qui engendre le nitre). Cette appellation est encore utilisée en anglais et est à l'origine du symbole N. En tant que composant de l'urée, des acides aminés, des protéines, des acides nucléiques (ADN), des hormones; il tient une place essentielle dans le maintien de l'homéostasie : assure la stabilité de la température, la teneur du sang en sucre (glycémie), ou en calcium, la tension artérielle, etc.

1. Doc B : Modèle de l'atome - Valence d'un atome :

1- Modèle de l'atome

- un noyau central (10⁻¹⁵ m soit 100000 fois plus petit que l'atome)
- des électrons répartis en couches autour du noyau
- du vide (la structure est essentiellement lacunaire).

2- Constitution du noyau

Le noyau est constitué :

- de protons, particules qui sont électriquement chargées positivement, dont la charge est $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- de neutrons, particules électriquement neutres.

Ces 2 particules sont appelées des **nucléons** (vient de « nucléaire » qui signifie « dans le noyau »).

3- Symbole du noyau

Le nombre de charge ou numéro atomique Z d'un atome est le nombre de protons qu'il contient.

Le nombre de nucléons ou nombre de masse d'un noyau est représenté par la lettre A.

Le nombre de neutrons N vaut donc : $N = A - Z$

Le noyau X est représenté par ${}^A_Z X$.

4- Nombre d'électrons.

L'électron est une particule chargée d'électricité négative dont la charge est $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Il a une charge exactement opposée à celle du proton.

Un atome étant électriquement neutre, le nombre d'électrons est donc égal au nombre de protons.

La masse de l'électron est extrêmement petite.

5- Répartition en couches.

Chaque couche électronique peut contenir un nombre limité d'électrons : couche K : 2 couche L : 8 couche M : 18

L'ordre de remplissage des couches est la couche K, puis la couche L, puis la couche M.

Un électron ne peut être placé dans une couche que si les couches précédentes sont pleines.

Les électrons de la couche K sont les plus proches du noyau. Ils sont également les plus liés au noyau.

Les électrons de la dernière couche occupée, appelée aussi **couche externe**, en sont les plus éloignés. Ils sont les moins liés au noyau. Les électrons qui l'occupent sont appelés les **électrons périphériques** de l'atome.

6- Règle de stabilité : règle de l'octet et du duet.

Règle du duet et de l'octet : les atomes évoluent chimiquement de manière à acquérir une structure électronique stable, semblable à celle du gaz noble le plus proche d'eux dans la classification périodique des éléments.

Ils tendent donc à acquérir une **couche externe** contenant 2 électrons (ou duet) (valable uniquement pour la première couche) ou 8 électrons (ou octet).

7- Les molécules.

Pour respecter cette règle de stabilité, il y a deux solutions :

Gain ou perte d'électrons : l'atome se transforme alors en **ion**.

Mise en commun d'électrons avec un ou plusieurs autres atomes par création de liaison de covalence. Il forme une **molécule**.

La **valence** d'un atome correspond au nombre de liaisons covalentes que peut former l'atome.

Détermination de la valence d'un atome : le nombre de liaisons qu'un atome engage ne dépend que de sa couche externe.

Ce nombre est égal au nombre d'électrons qu'il manque pour avoir une structure en duet ou en octet.

Un atome peut être **monovalent, divalent, trivalent ou tétravalent**.

Les liaisons qui unissent deux atomes peuvent être simple ou multiple (double = , triple ≡)

2. Je sais utiliser les doublets électroniques d'une molécule

a. Compléter le tableau ci-contre :

Nom	Symbole	Nombre protons	Nombre nucléons	Nombre neutrons
Uranium	${}^{235}_{92}\text{U}$			
Calcium	${}^{40}_{20}\text{Ca}$			
Sodium	${}^{23}_{11}\text{Na}$			

b. Donnez le nombre d'électrons présents dans chacun des atomes suivants.

${}^{12}_6\text{C}$: ${}^{197}_{79}\text{Au}$: ${}^{63}_{29}\text{Cu}$: ${}^{27}_{13}\text{Al}$:

c. Compléter le tableau suivant dans l'ordre des lignes (3^{ème} ligne puis 4^{ème} ...).

Atome	H	C	N	O	Si	P	S	Cl
Numéro atomique Z	1	6	7	8	14	15	16	17
Structure électronique								
Règle de stabilité : duet ou octet ?								
Nombre d'électrons manquants								
Nombre de liaison (doublets électroniques liants)								
Valence								
Nombre de doublets électroniques non liants								

3. Je sais dessiner la représentation de Lewis :

Dans la représentation de Lewis d'une molécule, on représente les atomes et tous les doublets électroniques externes qui entourent ces atomes, les doublets liants (entre 2 atomes) comme les doublets non liants.

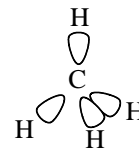
Ecrire les représentations de Lewis de toutes les molécules suivantes : ammoniac NH_3 , méthane CH_4 , eau H_2O , dioxyde de carbone CO_2 , propane C_3H_8 , éthylène C_2H_4 , acétylène C_2H_2 , l'alcool éthylique (éthanol) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, acide acétique $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, éthanamine $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$.

4. Géométrie de quelques molécules :

Construire les 3 premières molécules du paragraphe précédent avec les boîtes de modèles moléculaires.

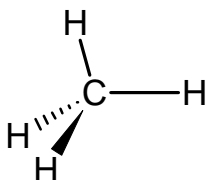
Règle de répulsion des doublets électroniques.

La géométrie réelle d'une molécule obéit à une règle simple : les doublets électroniques (liants et non liants) se repoussent. La molécule a donc une disposition dans laquelle les doublets sont le plus loin possible les uns des autres.



Représentation de Cram :

On représente la molécule de méthane CH_4 ainsi :



avec : ——— représente une liaison dans le plan de la feuille
 représente une liaison en avant du plan de la feuille
 représente une liaison en arrière du plan de la feuille

Utiliser cette représentation et les constructions précédentes pour dessiner ci-dessous les géométries autour des atomes suivants.

Schéma de Lewis	Géométrie	Schéma de Lewis	Géométrie	Schéma de Lewis	Géométrie

Corriger le tableau ci-dessus à l'aide du professeur ou du logiciel « Lewis » (MicroMéga) ou du livre p 153.

Construire les autres molécules : dioxyde de carbone CO_2 (sera fait par le professeur), propane C_3H_8 , éthylène C_2H_4 , acétylène C_2H_2 , l'alcool éthylique (éthanol) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, acide acétique $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, éthanamine $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$.

Donner la géométrie autour de l'atome de carbone dans les molécules du tableau suivant :

Carbone <u>tétragonal</u>	Carbone <u>trigonal</u>	Carbone <u>digonal</u>

Construire toutes les molécules évoquées à l'aide du logiciel CHEMSKETCH (ACDLabs).
 (Cf fiche technique si besoin)

5. Isomérisation Z/E:

Dessiner au moins deux formules semi-développées différentes de la molécule de formule brute C_3H_8O et les construire avec les modèles moléculaires si vous avez du temps.

Deux molécules sont isomères si

Facultatif : dessiner les formules semi-développées de tous les isomères de formule brute C_5H_{12} (on pourra s'aider des modèles moléculaires).

1^{ère} partie : Isomérisation Z/E

On donne la formule du composé suivant : But-2-ène : $CH_3-CH=CH-CH_3$

Construire cette molécule à l'aide des modèles moléculaires. Peut-on construire 2 molécules différentes ?

Qu'est-ce qui distingue ces molécules ? Représenter « à plat » ces deux molécules.

A votre avis, peut-on facilement passer d'une forme à l'autre ?

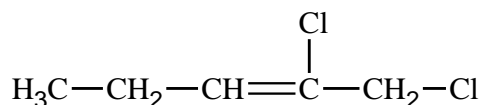
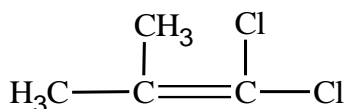
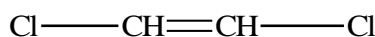
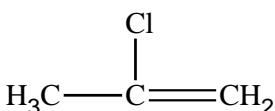
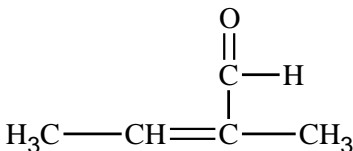
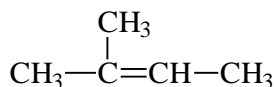
Que faudrait-il pour cela ?

Comment peut-on nommer ces 2 molécules pour les distinguer ?

La nomenclature Z et E permet de distinguer 2 alcènes isomères dont l'enchaînement des atomes est le même mais dont la géométrie diffère. L'isomère Z (« zusammen » : ensemble en allemand) est celui pour lequel les gros groupes d'atomes sont du même côté de la double liaison. Remarque : E signifie « entgegen » : contre, opposé en allemand)

Exercice : Pour chacune des molécules suivantes :

- construire la molécule avec les modèles moléculaires
- écrire, s'ils existent, les 2 isomères et les nommer. Sinon, expliquer pourquoi.



2^{ème} partie : Mécanisme de la vision- photoisomérisation

Ci contre une coupe de rétine.

On peut voir que le rayonnement lumineux atteint les cellules photoréceptrices après avoir traversé des couches de cellules (qui n'absorbent pratiquement pas de lumière car quasiment transparentes) ;

On observe les 2 types de cellules : **cônes** et **bâtonnets**.

Elles ont des rôles complémentaires :

vision photopique : couleur pour les cônes

et vision scotopique : sensible à une faible luminosité

Lire le livre p 161 puis répondre aux questions :

a. Dans quel type de cellules se produit une isomérisation ?

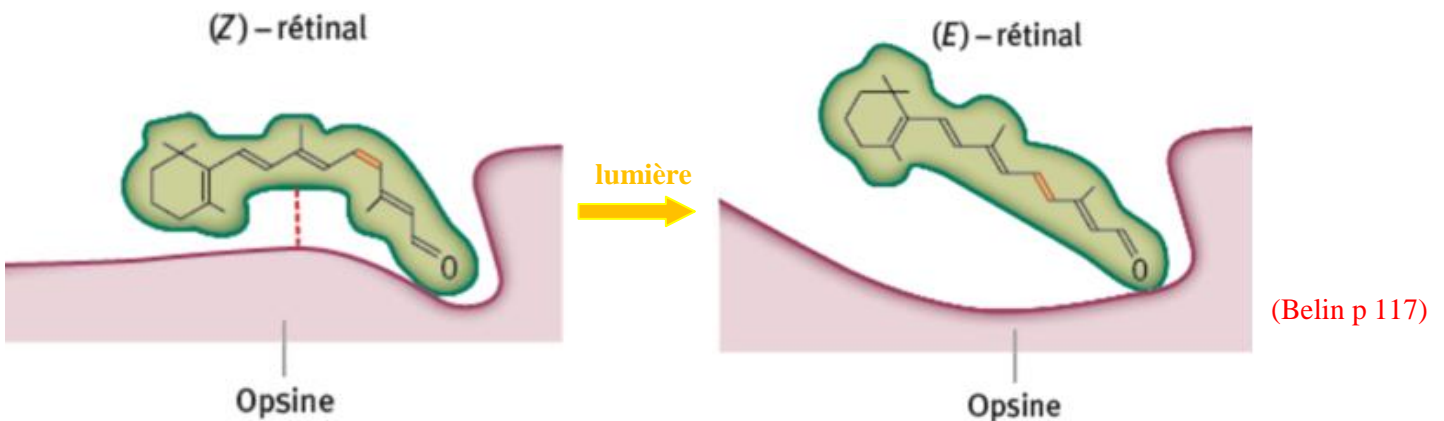
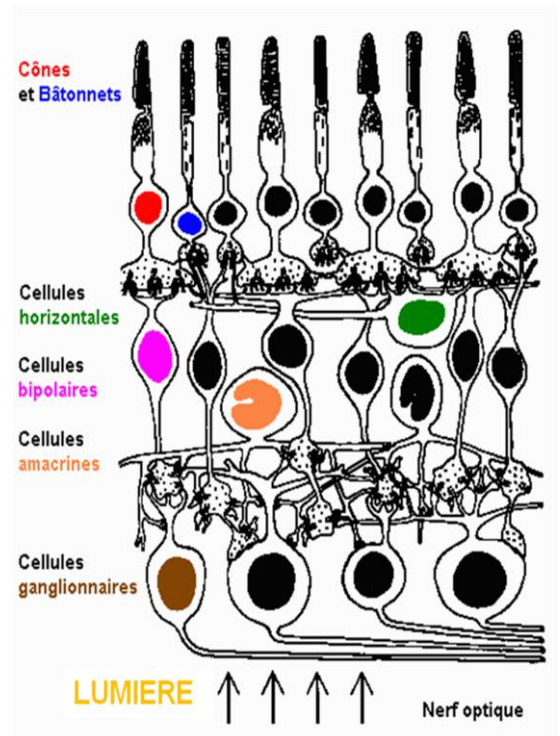
b. Représenter en formule topologique l'isomère E.

c. Si vous avez le temps, la construire avec le logiciel.

d. Quelle est la condition pour que l'isomère Z se transforme en isomère E ?

e. Qu'entraîne cette photo-isomérisation au niveau « électrique » ?

f. Combien de temps met l'isomère Z à réapparaître ?



3^{ème} partie : activité expérimentale « réalisation d'une réaction photochimique » p 150

Lire la page 150 puis répondre aux questions.

5. Activités documentaires:

Indicateur coloré : Belin p 111

DLMA Hachette p 111

Smarties pigments Hachette p 112

Houellebecq un bleu de phtalocyanine Hachette p 113

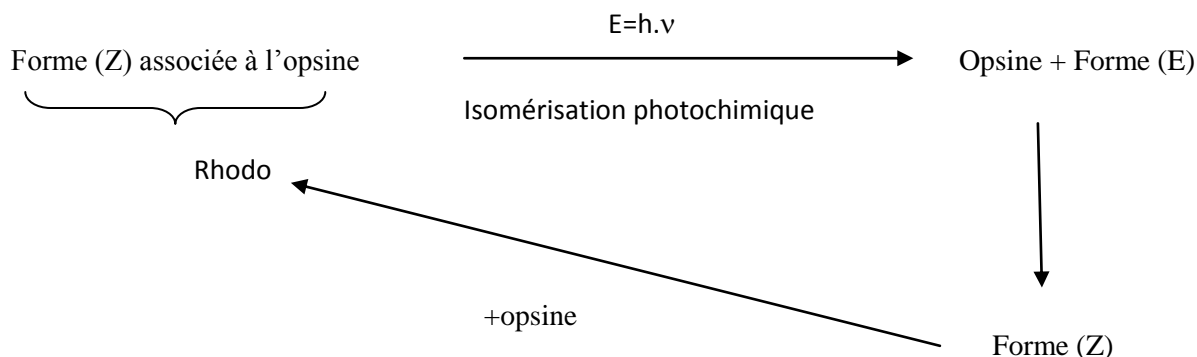
Peinture La madonna lita Vinci Hachette p 114

Lunettes photochrome Belin p 129

Ci contre une coupe de rétine.
POUR LE PROF

On pourra dégager le rôle de transducteur de l'œil (photorécepteurs) car il convertit l'énergie lumineuse en signaux électriques qui transitent jusqu'au cerveau qui les interprète comme une sensation visuelle. L'isomérisation photochimique est à l'origine de l'influx nerveux car elle permet d'activer l'opsine. La forme (E) est instable et évolue pour reformer la forme (Z) qui se combine à l'opsine pour reformer la rhodopsine en attendant une prochaine illumination.

Il est ensuite demandé aux élèves de faire un schéma de synthèse du cycle de la vision :



Partie 3 : Mise en œuvre d'une réaction photochimique : Activité effectuée en séance de TP (groupe à effectif réduit max 16 élèves pour raison de sécurité)

Dans cette partie, c'est la démarche expérimentale qui est mise en avant avec un réinvestissement de la séance 5 (CCM). L'élève va devoir analyser la situation problème (la molécule se prête-t-elle à une photoisomérisation ?), s'approprier la problématique du travail à effectuer (en proposant lui-même un protocole adapté pour réaliser la photoisomérisation et vérifier qu'elle a bien eu lieu), réaliser la manipulation, confronter son hypothèse de départ à ses observations a posteriori et à confirmer ou infirmer son hypothèse. L'élève pourra également prendre des photos de son expérience afin d'enrichir le site du lycée et on pourra désigner un groupe pour faire une présentation orale des résultats et une synthèse.

De plus, l'élève verra qu'il existe également des isomères (Z) et (E) avec une double liaison N=N et pas seulement C=C.

Matériel : Azobenzène (forme E) ; toluène ; cuve à chromatographie ; plaque de chromato de silice ; lampe de bureau ; capillaires

On part de la molécule d'azobenzène $C_6H_5-N=N-C_6H_5$; celle-ci est commercialisée sous la forme (E)

Représenter la formule topologique de cette forme (E) en tenant compte de la géométrie de la molécule et faire l'hypothèse de ce que l'on obtiendrait si elle subissait une photoisomérisation.

Sachant que les deux formes (E) et (Z) ont le même aspect physique (solution jaune orangée dans le toluène), comment vérifier que l'isomérisation a bien eu lieu ? (les élèves doivent penser à la CCM et établir un protocole qui respecte le facteur « lumière » au cours de la transformation (E) → (Z))

Après vérification et correction éventuelle du protocole, les élèves réalisent la manipulation (rappel des règles de sécurité en chimie).

Ils observent les résultats obtenus et concluent quant à leur hypothèse de départ.

NB : le protocole pourra être le suivant : (référence : " Chimie organique expérimentale" de M Blanchard-Desce, B Fosset , F Guyot , L Jullien, S Palacin aux éditions Hermann , 1987 page 357)

Cette réaction sera étudiée par **chromatographie sur couche mince (C.C.M).**

La phase stationnaire est constituée de silice fixée sur une plaque de verre. L'éluant (ou phase mobile) utilisé sera du toluène.

On prépare 2 solutions contenant chacune 0,2 g d'azobenzène dans 8 mL de toluène.

Une des solutions est placée dans un tube à essais placé à l'obscurité.

Tracer un trait au crayon de papier à 1 cm du bord inférieur de la plaque de silice et placer sur cette ligne 2 croix à 2 cm des bords environ.



A l'aide d'un capillaire, déposer une goutte de la solution d'azobenzène dans le toluène sur une des croix. On peut faire deux dépôts au même endroit, en séchant au sèche-cheveux entre les deux dépôts. La tache ne doit pas dépasser 3 à 4 mm de diamètre.

Eclairer la plaque à l'aide d'une lampe de bureau pendant un peu moins d'une heure.

Préparer la cuve de chromatographie en mettant 0,5 cm de haut de toluène dans une cuve chromatographique et fermer la cuve (la cuve doit être saturée en vapeurs de solvant).

Pour que la saturation et l'élution soient plus rapides, on pourra placer une bande de papier filtre contre les parois de la cuve chromatographique.

Au bout d'une heure d'éclairement de la plaque, déposer sur l'autre croix un ou deux dépôts de la solution d'azobenzène maintenue à l'obscurité.

Eluer au toluène.

Lorsque le front du solvant est à quelques cm du haut de la plaque, sortir la plaque de la cuve, marquer rapidement la position du front de l'éluant, sécher la plaque au sèche-cheveux et mesurer les Rf des isomères E et Z de l'azobenzène.

(photos de la manip réalisée par Edith Antonot, portes ouvertes 2011, Louis Vincent METZ)



L'élève constate qu'il y a deux taches sur le dépôt resté à la lumière (présence de l'isomère (Z) absent au départ) et une seule tache sur le dépôt resté à l'obscurité (seule la forme (E) est présente car il n'y a pas eu de photoisomérisation)

Partie 4 : Perspective actuelle : article scientifique récent sur l'isomérisation photochimique de l'azobenzène et ses applications technologiques : cette partie peut être effectuée en classe entière et permet de rebondir sur la réaction photochimique vue en TP afin de l'ancrer dans le réel.

Cette étude documentaire permet d'extraire des informations pertinentes à partir d'un texte scientifique en mobilisant ses connaissances et permet de susciter la curiosité des élèves par une contextualisation dans le monde réel.

On pourra donner une partie de l'article paru dans « Pour la science » avril 2009 (numéro 378) : « Des Molécules organisées par la lumière » (p62 et 63) (article qui peut être acheté sur le site de « Pour la science »)

On demandera aux élèves de dégager l'essentiel de l'article et de répondre à quelques questions comme :

1. Quel est l'isomère le plus stable ? Le représenter en formule semi-développée plane.
2. Quel est l'isomère subissant la photoisomérisation ? Représenter la formule à plat de l'isomère formé par isomérisation photochimique.
3. Qu'en résulte-t-il concernant la disposition de ces deux isomères suivant l'éclairement ?
4. Citer une application envisageable de cette isomérisation photochimique dans le domaine technologique.

Partie 5 : Recueil et exploitation d'informations sur les colorants, leur utilisation dans différents domaines et les méthodes de détermination des structures. Activité réalisée par une recherche sur Internet guidée par le professeur (en groupes de TP afin de travailler dans des conditions acceptables sur les ordinateurs)

On pourra, par exemple, dégager l'importance, dès l'antiquité, du commerce entre pays producteurs et utilisateurs des « matières colorantes » en lien avec le professeur d'histoire géographique. On pourra également faire des recherches sur le développement de l'industrie des colorants de synthèse dès le milieu du XIXème siècle alors qu'auparavant, seuls les colorants naturels étaient utilisés (indigo, garance pour les végétaux par exemple et carmin, pourpre pour les animaux...)

Notions et contenus	Compétences attendues
Liaison covalente. Formules de Lewis : géométrie des molécules. Rôle des doublets non liants. Isomérisation Z/E.	Décrire à l'aide des règles du « duet » et de l'octet les liaisons que peut établir un atome (C, N, O, H) avec les atomes voisins. Interpréter la représentation de Lewis de quelques molécules simples. Mettre en relation la formule de Lewis et la géométrie de quelques molécules simples. Prévoir si une molécule présente une isomérisation Z/E. Savoir que l'isomérisation photochimique d'une double liaison est à l'origine du processus de la vision. <i>Mettre en œuvre le protocole d'une réaction photochimique.</i> <i>Utiliser des modèles moléculaires et des logiciels de modélisation.</i> Recueillir et exploiter des informations sur les colorants, leur utilisation dans différents domaines, et les méthodes de détermination des structures (molécules photochromes, indicateurs colorés, peintures, etc.).

Notions et contenus ^{2^{nde}}	Compétences attendues
Espèces chimiques, corps purs et mélanges. Un modèle de l'atome. Noyau (protons et neutrons), électrons. Nombre de charges et numéro atomique Z. Nombre de nucléons A. Charge électrique élémentaire, charges des constituants de l'atome. Électroneutralité de l'atome. Éléments chimiques. Isotopes, ions monoatomiques. Caractérisation de l'élément par son numéro atomique et son symbole. Répartition des électrons en différentes couches, appelées K, L, M. Répartition des électrons pour les éléments de numéro atomique compris entre 1 et 18. Les règles du « duet » et de l'octet. Application aux ions monoatomiques usuels. Connaître et appliquer les règles du « duet » et de l'octet pour rendre compte des charges des ions monoatomiques usuels. Formules et modèles moléculaires.	Extraire et exploiter des informations concernant la nature des espèces chimiques citées dans des contextes variés. Connaître la constitution d'un atome et de son noyau. Connaître et utiliser le symbole AZX. Savoir que l'atome est électriquement neutre. Connaître le symbole de quelques éléments. Savoir que le numéro atomique caractérise l'élément. Mettre en œuvre un protocole pour identifier des ions. Dénumérer les électrons de la couche externe. Connaître et appliquer les règles du « duet » et de l'octet pour rendre compte des charges des ions monoatomiques usuels. Représenter des formules développées et semi-développées correspondant à des modèles moléculaires. Savoir qu'à une formule brute peuvent correspondre plusieurs formules semi-développées. Utiliser des modèles moléculaires et des logiciels de représentation. Localiser, dans la classification périodique, les familles des alcalins, des

Formules développées et semi-développées. Isomérisation. Classification périodique des éléments. Démarche de Mendeleïev pour établir sa classification. Critères actuels de la classification : numéro atomique et nombre d'électrons de la couche externe. Familles chimiques.	halogènes et des gaz nobles. Utiliser la classification périodique pour retrouver la charge des ions monoatomiques.
--	--