

# Québec Science au Secondaire

---



SITUATION D'APPRENTISSAGE  
ET D'ÉVALUATION

## Dame Nature, cette visionnaire

---

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

**Durée**

**75 min**

**Clientèle visée**

Les élèves de deuxième année du deuxième cycle, Science et technologie et science (ST) et technologie de l'environnement (STE)

**Article lié**

«Dame Nature, cette visionnaire» (Magazine Québec Science, volume 55, numéro 3, novembre 2016, pages 11 et 12), rédigé par la journaliste Marine Corniou

## CONCEPTS ABORDÉS

---

### Univers matériel

#### A. Propriétés

##### 3. Propriétés des solutions

###### i. Ions

- i. Définir le concept d'ion

#### B. Transformations

##### 3. Transformations chimiques

###### i. Nature de la liaison

###### i. Covalente

- Représenter schématiquement une liaison covalente
- Identifier des molécules qui comportent une liaison covalente

#### D. Fluides

##### a. Pression (*première année du deuxième cycle*)

- ii. Décrire qualitativement les principaux facteurs qui influencent la pression exercée par un fluide.

### Univers Terre et espace

#### A. Caractéristiques de la Terre

##### 2. Lithosphère

###### i. Pergélisol

- i. Définir le pergélisol comme étant une couche de sol gelé en permanence.

##### 4. Atmosphère

###### b. Effet de serre

- i. Décrire l'effet de serre
- ii. Expliquer des conséquences de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre

#### B. Phénomènes géologiques et géophysiques

###### b. Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables

- i. Distinguer des ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables
- ii. Décrire des moyens technologiques utilisés par les humains pour produire de l'électricité à partir des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère

- iii. Décrire les principaux impacts de l'exploitation des ressources énergétiques de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère

## Univers technologique

### D. Matériaux

#### 2. Propriétés mécaniques des matériaux

##### d. Type de propriétés

- i. Associer l'usage de différents types de matériaux à leurs propriétés respectives
  - Matériaux composites

## RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

---

**«Les MOF, des matériaux nanoporeux synthétiques ont la cote auprès des industriels. On les croyait tout droit sortis de l'imagination humaine. Mais la nature y avait pensé avant! »**

## SUGGESTION D'AMORCE

---

Posez cette question aux élèves :

Pensez-vous qu'il existe des matériaux que nous n'avons toujours pas encore découverts? Existe-t-il, dans l'univers, ou sur terre, des matériaux dont la structure chimique est encore inconnue ?

Discutez pour connaître l'opinion de vos élèves à ce sujet.

Enchaînez ensuite avec la question suivante : sommes-nous capables de construire de nouveaux matériaux, en laboratoire? Est-ce vous pensez que Dame Nature avait déjà pensé à tout? Est-ce qu'il y a des matériaux qu'il serait possible d'obtenir et qui n'existent pas à l'état naturel?

# Lecture active - 20 minutes

---

Commencez par une lecture individuelle du texte.

Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève.

Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer.

À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

## CORRIGÉ DU CAHIER DE L'ÉLÈVE

---

**Les réseaux métallo-organiques, ou MOF (en anglais), sont des matériaux qui pourraient révolutionner plusieurs secteurs d'activité, notamment celui des transports.**

*«Ces matériaux artificiels, synthétisés pour la première fois en 1992, sont des cristaux composés à la fois de molécules organiques (à base de carbone et d'hydrogène) et d'ions métalliques, comme l'aluminium ou le fer. Leur structure nanoporeuse, flexible, leur permet de capturer des gaz, comme l'hydrogène ou le CO<sub>2</sub>».*

---

**1**    **Commençons par comprendre ce qu'est un MOF en décortiquant la définition donnée dans le texte.**

---

c. Qu'est-ce qu'un cristal ?

---

Un cristal est un solide dont les constituants (atomes, molécules ou ions) sont assemblés de manière régulière. (1)

---

d. Qu'est-ce qu'une molécule organique? D'où viennent-elles?

---

---

Les molécules organiques sont des molécules qui contiennent le plus souvent au moins un atome de carbone lié à un atome d'hydrogène. (1) Ce sont les molécules qui forment le vivant. (1)

---

e. Qu'est-ce qu'un métal?

---

Classe de matériaux qui provient du minerai. Ils ont une très bonne conductibilité électrique. (1)

---

f. Qu'est-ce qu'un ion métallique ?

---

Un ion est un atome (ou un groupe d'atomes) non neutre. Un ion métallique est un atome de métal non neutre. (1)

---

g. Résume, dans tes propres mots, ce que tu penses qu'est un *MOF* à l'aide de tes réponses précédentes

---

Réponses variables. Ex. : Structure organisée fabriquée à partir de molécules organiques, et d'atomes métalliques non neutres. (1)

---

**2 Il existe plusieurs classes de matériaux. Ces classes ont pour but de nous aider à organiser la matière, un peu comme lorsque nous classons les différentes familles du monde animal : mammifères, poissons, reptiles, oiseaux...**

**Parmi ces classes de matériaux, nous retrouvons les polymères (dont font partie certaines matières organiques, comme le bois et les plastiques), les céramiques et les métaux.**

---

a. Comment s'appellent les matériaux qui mélangent des classes de matériaux ensemble ?

1. Des polymères
2. Des matériaux composites
3. Des matériaux mélangés
4. Ça n'existe pas

**Réponse : 2. (1)**

---

b. Quel est l'avantage de mélanger les propriétés de différents matériaux?

---

En mélangeant des classes de matériaux, on obtient de nouveaux matériaux qui additionnent les propriétés des composantes. (1)

c. Nomme trois exemples d'objets qui mélangent les types de matériaux et leurs propriétés

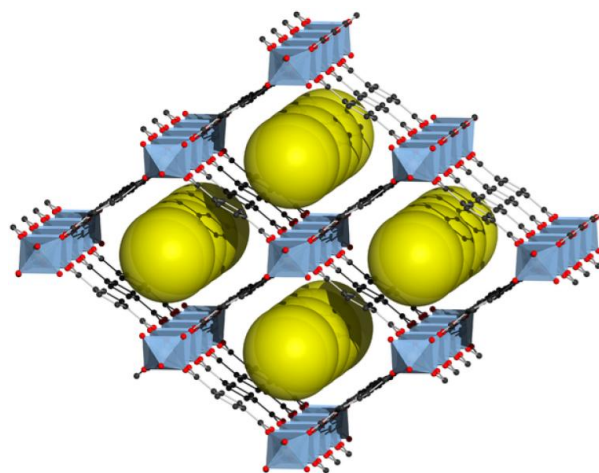
Réponse variable (1) pour 3 bonnes réponses

d. Quelles sont les deux classes de matériaux dont sont composés les *MOF* ?

Polymère (matière organique) et métaux (1)

Les *MOF* possèdent des caractéristiques étonnantes. Les scientifiques assemblent leur structure cristalline en laboratoire en utilisant des ions métalliques et des molécules organiques, comme un jeu de Legos.

*« Inutile de dire qu'ils [les MOFs] suscitent un vif engouement chez les industriels, notamment auprès des compagnies gazières et des constructeurs automobiles, qui y voient une façon de stocker le gaz naturel [...] »*



3 À l'intérieur des *MOF*, on retrouve des cavités, comme de petites «grottes» dans lesquelles peuvent se réfugier des molécules de gaz qu'on appelle des invités. Ces cavités sont représentées par les boules rondes dans la modélisation ci-haut. Les cavités peuvent

être de différentes grosseurs pour s'adapter à la grosseur de la molécule invitée, comme du méthane, de l'hydrogène moléculaire ou du gaz carbonique.

a. Selon toi, laquelle de ces substances nécessitera la plus petite cavité? Justifie.

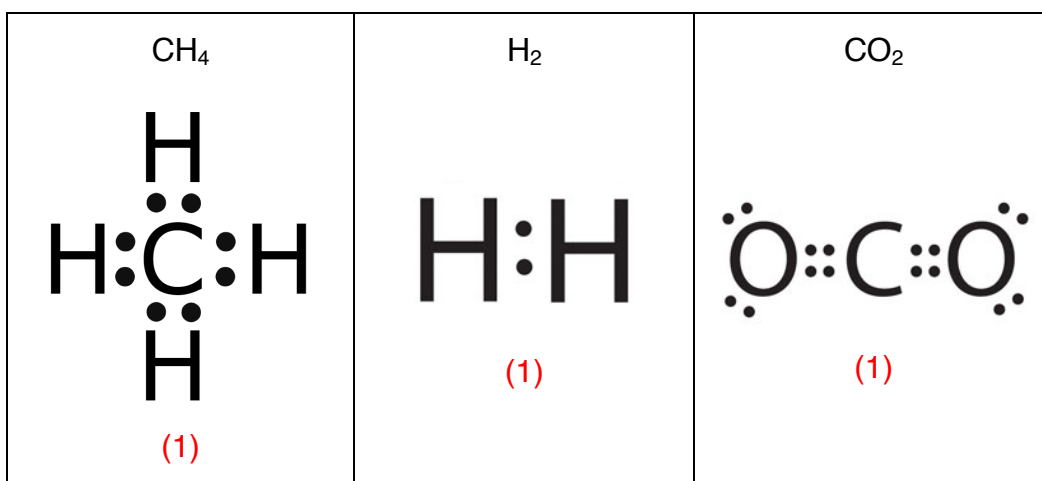
1. Le gaz naturel (CH<sub>4</sub>)
2. L'hydrogène moléculaire (H<sub>2</sub>)
3. Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)

L'hydrogène moléculaire (1). Il a seulement 2 atomes et une masse atomique de 2u. (1)

b. (STE) Les molécules de méthane, de gaz carbonique et de dihydrogène ont-elles des liens covalents ou des liens ioniques ? Illustre ces liaisons à l'aide de la notation de Lewis.

1. Ionique
2. Covalent

Réponse : 2. (1)



L'industrie automobile s'intéresse particulièrement aux *MOF*. Celle-ci y voit une façon sécuritaire de stocker de l'hydrogène ou du gaz naturel. Ces deux gaz pourraient alimenter un moteur à combustion.

Actuellement, pour stocker ces gaz dans des bonbonnes, il faut y mettre

**une très grande pression à très basse température, ce qui n'est pas très sécuritaire. Imaginez simplement faire un accident avec une bonbonne de gaz comprimé explosif dans votre coffre!**

**4 Les MOF permettent de diminuer la pression nécessaire pour stocker du gaz à une température acceptable, ce qui rendrait l'utilisation de gaz naturel ou d'hydrogène plus sécuritaire dans les voitures.**

a. Quelle est la relation entre la température et la pression d'un gaz?

1. Plus la température monte, plus la pression monte
2. Plus la température monte, plus la pression diminue.

Réponse : 1. (1)

b. Explique pourquoi, pour remplir une bonbonne, il faut diminuer la température du gaz.

En diminuant la température du gaz, celui-ci se comprime. (1) Il est donc possible de mettre plus de gaz dans la même bonbonne si le gaz est froid. (1)

c. Voici les formules de combustion du dihydrogène et du gaz naturel.

1.  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2.  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Si l'eau produite est recueillie sous forme liquide dans les deux réactions (elle ne va pas dans l'atmosphère), laquelle des deux réactions semble être préférable pour l'environnement? Justifie.

2. La combustion du dihydrogène (1), puisqu'elle n'émet pas de produits autres que de l'eau. (1)

d. Le gaz naturel peut être renouvelable ou non renouvelable. Cela dépend d'où il vient. Effectue une petite recherche pour trouver un exemple de gaz naturel provenant d'une source renouvelable, et une autre provenant d'une source non renouvelable.

Réponses variables. Le gaz de schiste est du gaz naturel non renouvelable

puisque'il provient de combustibles fossiles. Le gaz naturel récupéré à la sortie d'une usine de biométhanisation est renouvelable. Ces usines produisent du méthane à partir de la fermentation de résidus organique (les poubelles) **1 point par bon exemple, 2 points au total.**

**5 Une autre possibilité qu'offrent les MOF est d'être utilisé comme capteur de gaz et comme filtre à gaz à effet de serre.**

a. Qu'est-ce que l'effet de serre?

L'effet de serre est un phénomène d'origine naturelle qui permet de retenir une partie de la chaleur émise par le Soleil dans l'atmosphère de la Terre. Il est également renforcé par divers processus d'origine anthropique. **(1)**

b. Quels sont les 4 principaux gaz à effet de serre?

Vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) **0,5 point par bonne réponse, 2 points total**

c. Explique comment, selon toi, l'ajout de filtres de type MOF pourrait diminuer les émissions de gaz à effet de serre de certains secteurs industriels.

Réponses variables. Des filtres MOF pourraient capturer les gaz à effet de serre les plus dangereux et laisser passer les autres gaz. **(1)**

d. Trouve une façon de valoriser (rendre rentable) les déchets d'une usine produisant beaucoup de méthane avec les MOF.

Réponse variable. Une façon serait de capturer le méthane et de le revendre à l'industrie automobile pour faire fonctionner des voitures. **(1)**

*Trouvées dans le pergélisol à 230 m sous terre, au milieu du charbon, ces « éponges » mi-organiques, mi-minérales ne supplanteront toutefois pas les MOF de synthèse. « Ces minéraux sont très rares, et beaucoup moins*

*sophistiqués que les MOF commerciaux, précise le chimiste. Mais d'autres pourraient exister ailleurs, de façon plus abondante. Et nous étudions en ce moment les propriétés de ces MOF, car même si leur structure est primitive, ils peuvent nous réserver des surprises ! »*

---

6 Dame Nature a, elle aussi, «pensé» à créer des *MOF*. On apprend dans le texte qu'on a retrouvé des *MOF* à l'état naturel dans le pergélisol, dans une mine de charbon.

---

a. Qu'est-ce que le pergélisol?

---

C'est un sol gelé en permanence. Il ne dégèle pas pendant l'été, ce qui le rend imperméable. (1)

---

b. Qu'est-ce que du charbon?

---

Le charbon est une roche sédimentaire formée à partir de la dégradation partielle de la matière organique végétale. (1)

---

c. Émets une hypothèse qui explique pourquoi des Russes ont retrouvé ce type de matériaux très rare dans une mine de charbon dans le pergélisol.

---

Réponses variables. Les réponses devraient intégrer la matière organique(1) et le pergélisol(1).

---

**Total sur 32 points**

# Pour aller plus loin

---

## Présentation orale ou recherche documentaire :

Comme tu l'as peut-être appris dans cette situation d'apprentissage, le dihydrogène pourrait être utilisé dans un moteur à explosion, comme du gaz naturel ou de l'essence.

Toutefois, le dihydrogène peut aussi être utilisé dans une pile à combustible. Ce type de pile est alimentée par un combustible (du dihydrogène) et génère de l'électricité pour alimenter un moteur électrique. Ainsi, au lieu de recharger ta pile de voiture, tu pourrais remplir une bonbonne *MOF* pour que celle-ci alimente ton automobile en électricité! Plus besoin d'attendre des heures pour recharger une pile, un simple arrêt à une station-service pour remplir ton *MOF* d'hydrogène moléculaire suffit.

Mais comment produit-on de l'hydrogène moléculaire? Bien que cet élément soit le plus abondant dans l'Univers, on le trouve relativement peu sous forme naturelle sur Terre, dû à sa grande réactivité chimique.

Effectue une recherche pour savoir comment il serait possible de produire de l'hydrogène moléculaire à grande échelle. Ensuite, liste les impacts potentiels sur l'environnement que pourrait avoir ton type d'installation et propose des solutions pour y remédier.

SAÉ conçue et réalisée grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation du Québec.

Recherche, rédaction, conception: Zapiens Communication Scientifique.

Graphisme et mise en page: Bishop Games