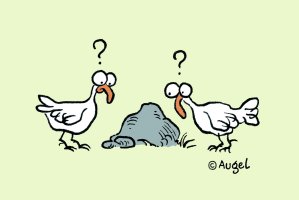
**FICHE de PRÉSENTATION d’activités**

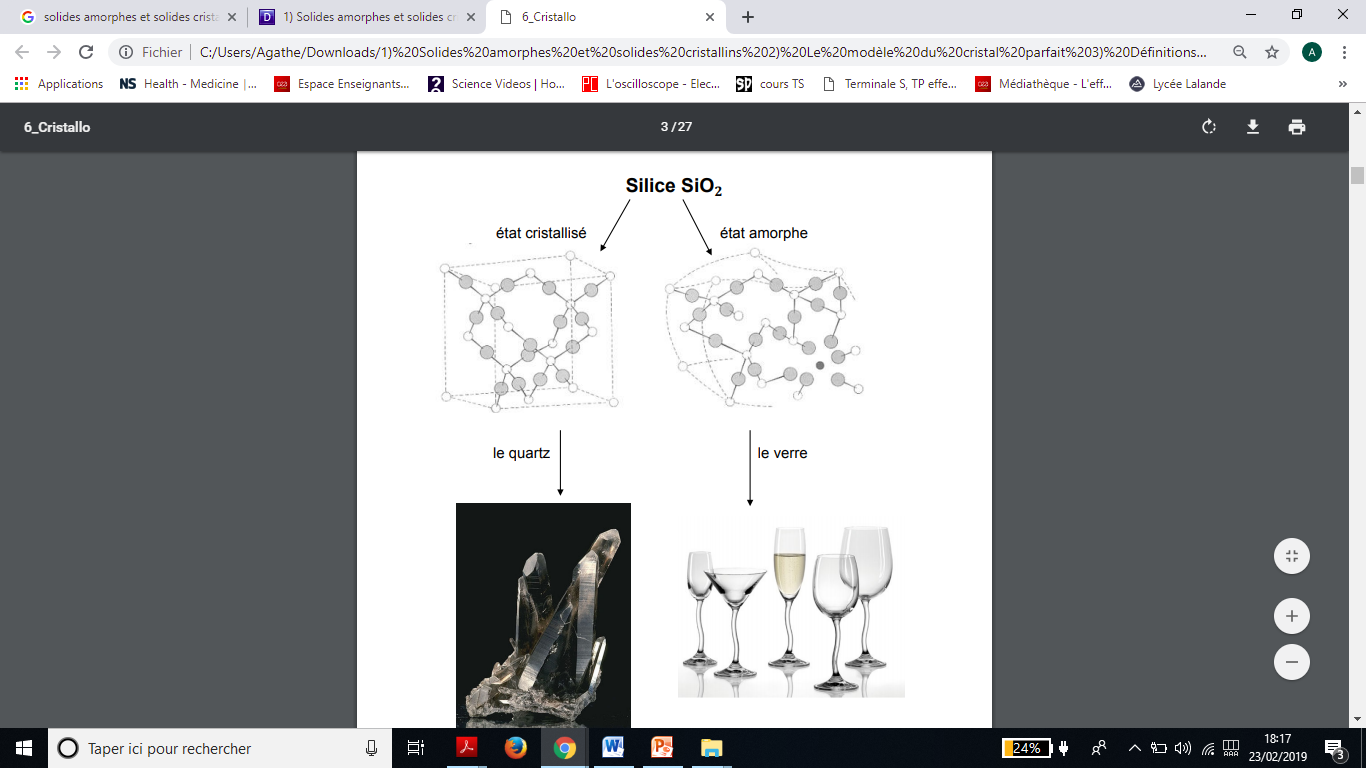
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Niveau*** | ***1ère Enseignement scientifique*** | |
| ***Séquence*** | ***Une longue histoire de la matière*** | |
| ***Titre de l’activité*** | ***Des édifices ordonnés : les cristaux*** | |
| ***Type d'activité*** | ***Activité documentaire de groupe*** | |
| ***Références au programme*** | Notions et contenus  *-une structure cristalline est définie par une maille élémentaire répétée périodiquement.*  *-Un type cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent.* | Capacités exigibles  *-pour les réseaux cubique simple et cubique face centrée, représenter la maille en perspective cavalière, calculer la compacité dans le cas d’entités chimiques sphériques tangentes, dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal.*  *- Distinguer, en termes d’échelle et d’organisation spatiale maille, cristal, minéral, roche. Les identifier sur une échelle ou une image.*  *-Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d’une roche et les conditions de son refroidissement.* |
| ***Compétences mobilisées*** | * Restituer des connaissances ❑ S’approprier ❑ Analyser/raisonner * Réaliser ❑ Valider ❑ Communiquer | |
| ***Mise en œuvre*** | Pré-requis:  -savoir faire des conversions.  -savoir calculer le volume d’une sphère et d’un cube  -savoir exprimer et calculer une masse volumique | |
| Durée : 2h à 3h   * Première phase de recherche par groupe * Deuxième phase de restitution par groupe devant la classe | |
| Contraintes matérielles :  Mettre à disposition des élèves une représentation 3D informatisée de cristaux ou les modèles moléculaires des mailles des réseaux cubiques simple et à faces centrées les aiderait à s’approprier les documents des activités. | |
| *Liens photos* | https://www.espace-sciences.org | |
| *Auteur* | **Agathejacqueli.pieplu@ac-lyon.fr** | |
| **pour le GRD groupe lycée de l’académie de LYON** | |

**Fiche élève : activité**

**Première partie : définitions fondamentales de cristallographie**

**Doc 1 : Solide cristallin ou solide amorphe ?** https://www.espace-sciences.org  
  
C'est la première question que se posent les chimistes lorsqu'ils étudient un matériau solide. Ce dernier est cristallin quand il y a un arrangement ordonné des atomes. Il est amorphe quand les atomes qui le composent sont désordonnés. La vitesse est souvent synonyme de désordre. Au laboratoire comme dans la nature. Ainsi un magma qui s'échappe du cratère d'un volcan se refroidit très rapidement à la surface de la terre ; les atomes qui le composent se figent d'une manière désordonnée et constituent un solide amorphe. En revanche, un magma, qui remonte lentement vers la surface de la terre se refroidit pendant plusieurs centaines de milliers d'années ; les atomes qu'il contient se mettent alors en ordre dans différentes phases solides cristallines appelées minéraux. L’assemblage de ces minéraux constitue les roches. Par exemple le quartz, le mica et le feldspaths constituent le granite.

**Doc 2 : La silice SiO2**



?

?

**Doc 3 : maille, réseau cubique simple et cubique à faces centrées**

Plus généralement, une structure cristalline est définie par une **maille** élémentaire répétée périodiquement. Un réseau cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent. La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.

Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une **maille cubique** que la géométrie du cube permet de caractériser. La position des entités dans cette maille distingue les **réseaux cubique simple** (les entités sont aux sommets du cube) et **cubique à faces centrées** (les entités sont aux sommets du cube et aux centres de ses faces).

Voici quelques mailles :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |

Questions :

1. *Définir un solide amorphe et un solide cristallin.*
2. *Qu’est-ce qui fait qu’un magma donne un solide amorphe ou cristallin ?*
3. *Remplacer les points d’interrogation par l’adjectif amorphe ou cristallin.*
4. *Classer du plus petit au plus grand : maille, minéral, atome, cristal, roche.*
5. *Parmi les mailles proposées, lesquelles correspondent à des réseaux cubiques ?*
6. *Quelle maille est celle du réseau cubique simple ? Du réseau cubique à faces centrées ?*
7. *Pour la prochaine séance, préparer un diaporama de 2 ou 3 slides pour présenter au reste du groupe ce que vous avez appris dans cette activité. Vous terminerez par un petit quiz à destination de vos camarades.*

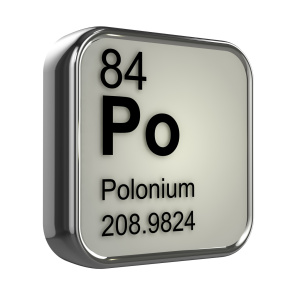
**Deuxième partie : compacité du réseau cubique simple**

Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l’évaporation de l’eau de mer) est constitué d’un empilement régulier d’ions : c’est **l’état cristallin**.

Plus généralement, une structure cristalline est définie par une **maille élémentaire** répétée périodiquement. Un **réseau cristallin** est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités (atomes ou ions) qui le constituent.

La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.

On souhaite étudier la structure cristalline du Polonium. Ce composé cristallise sous la forme **cubique simple,** c’est-à-dire que sa **maille est un cube** et que les atomes de Polonium occupent les **sommets** du cube.

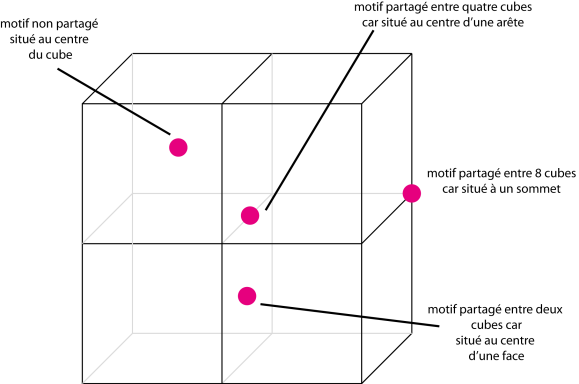


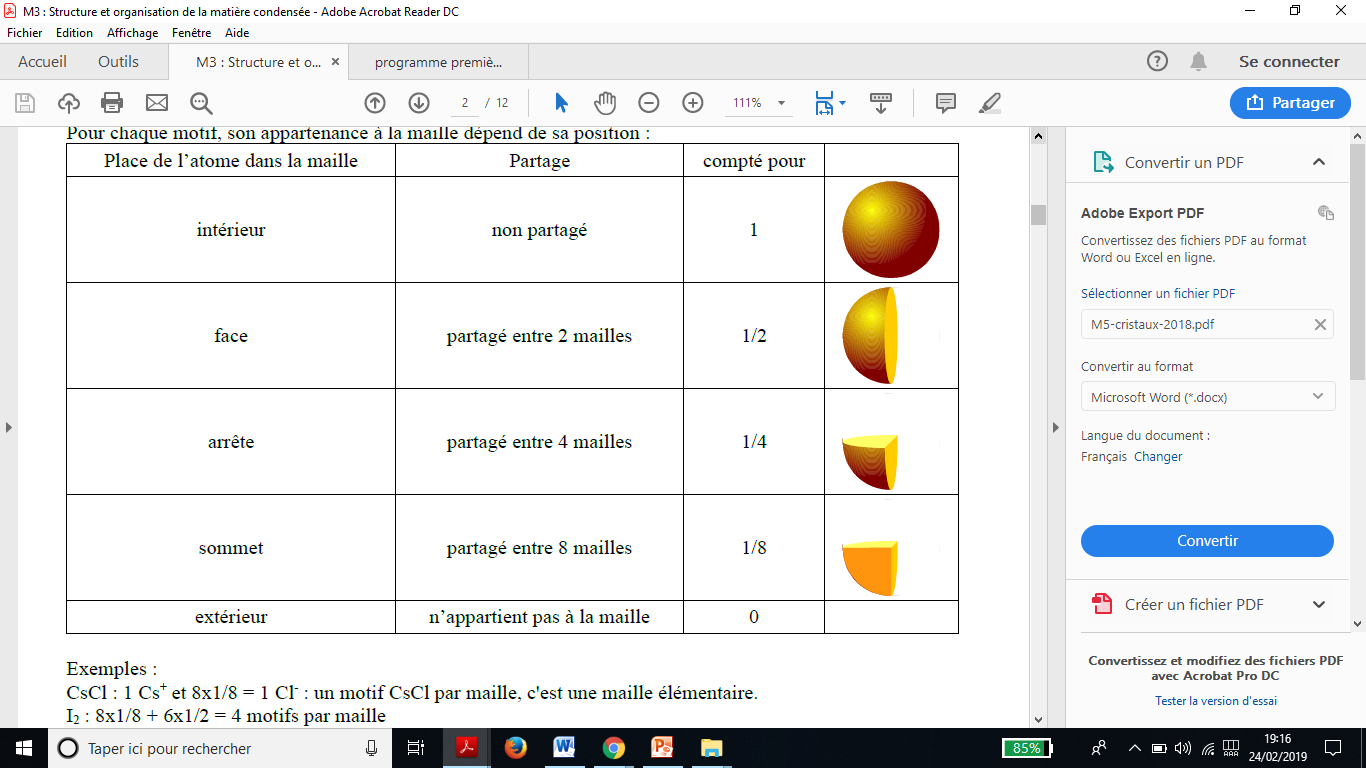
**Carte d'identité du polonium :**

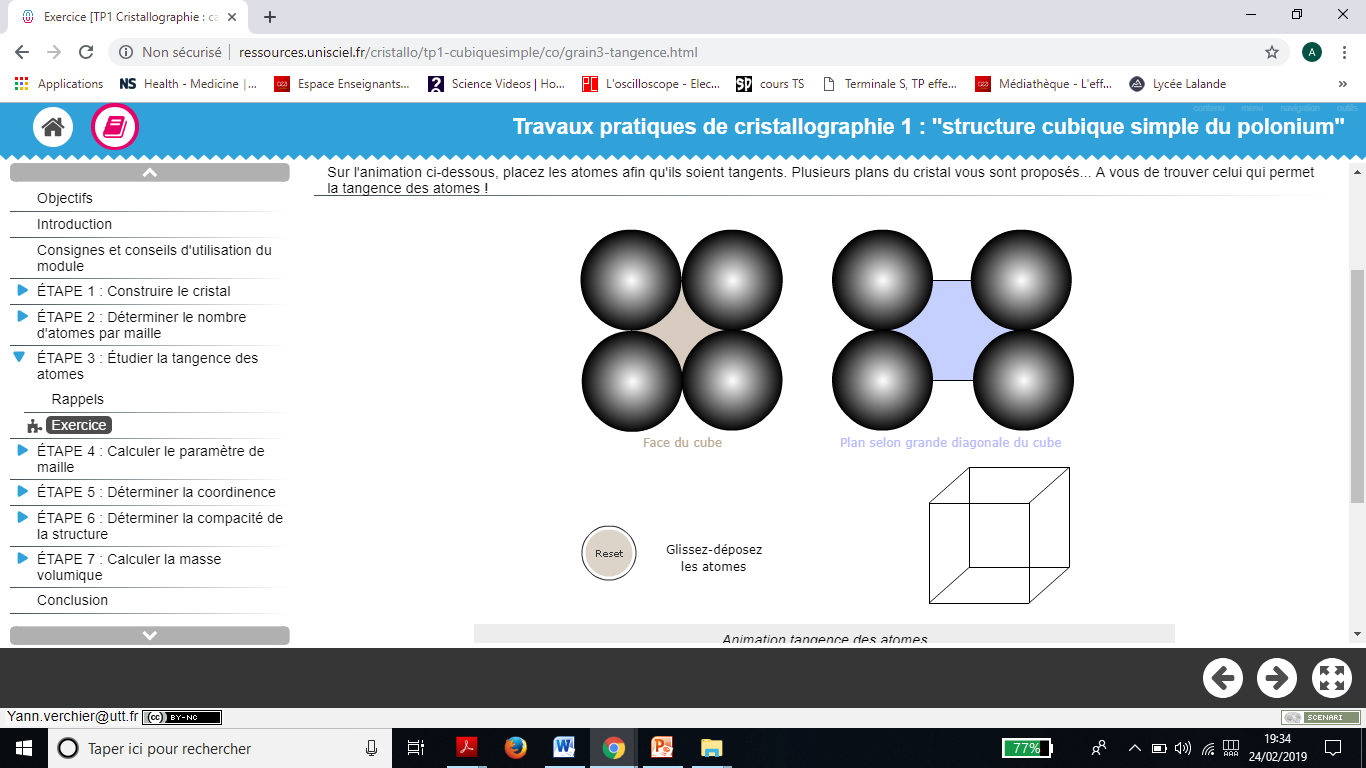
* Symbole chimique : Po
* C’est le premier élément chimique découvert par Marie Curie, elle l’a nommé en hommage à son pays d’origine.
* Rayon atomique : 190,0 pm

Questions :

1. *Dessiner la maille du cristal de Polonium en perspective cavalière, les atomes de Polonium seront représentés par des petites sphères.*
2. Selon sa position, un atome va appartenir à une ou plusieurs mailles adjacentes. Prenons l’exemple ci-dessous de 4 mailles cubiques adjacentes, chaque atome, ou motif, a une fraction plus ou moins importante dans une maille selon sa position.





Pour la maille qui nous intéresse, il faut donc comptabiliser la part de chaque atome qui appartient effectivement à la maille.

*Vérifier qu’une maille du réseau cubique simple ne contient qu’un seul atome de Polonium.*

1. Les cristaux sont réalisés par empilement de sphères supposées indéformables. Certains atomes doivent donc se toucher et d'autres non. Lorsqu’ils se touchent, on dit que les atomes sont **tangents** entre eux.

Dans le réseau cubique simple, les atomes de Polonium sont tangents selon l’arête du cube.

*En déduire une relation entre la longueur a de l’arête du cube et le rayon r de l’atome de Polonium.*

1. La **compacité** de la structure correspond au volume occupé par les atomes par rapport au volume de la maille. Plus la compacité est grande, plus la maille est "pleine".

C =

La compacité est sans unité, elle est comprise entre 0 et 1 et on l’exprime souvent en pourcentage.

On considère que les atomes sont des sphères de rayon r et de volume Vatome=

*Vérifier que la compacité du réseau du Polonium est de 0,52 ou 52%.*

1. *Revoir cette activité pour la prochaine séance pour être capable de la présenter le plus clairement possible à vos camarades.*

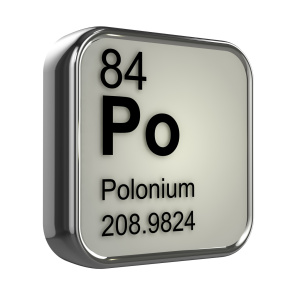
**Troisième partie : masse volumique du réseau cubique simple**

Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l’évaporation de l’eau de mer) est constitué d’un empilement régulier d’ions : c’est **l’état cristallin**.

Plus généralement, une structure cristalline est définie par une **maille élémentaire** répétée périodiquement. Un **réseau cristallin** est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités (atomes ou ions) qui le constituent.

La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.

On souhaite étudier la structure cristalline du Polonium. Ce composé cristallise sous la forme **cubique simple,** c’est-à-dire que sa **maille est un cube** et que les atomes de Polonium occupent les **sommets** du cube.

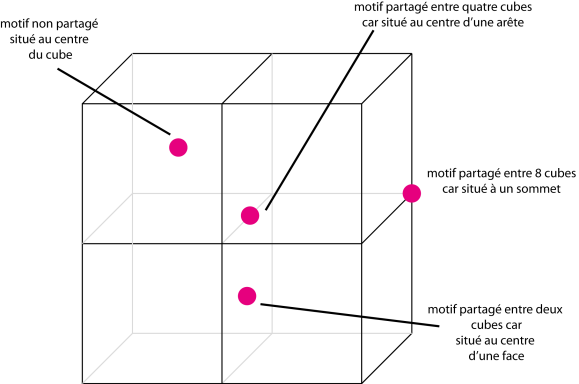


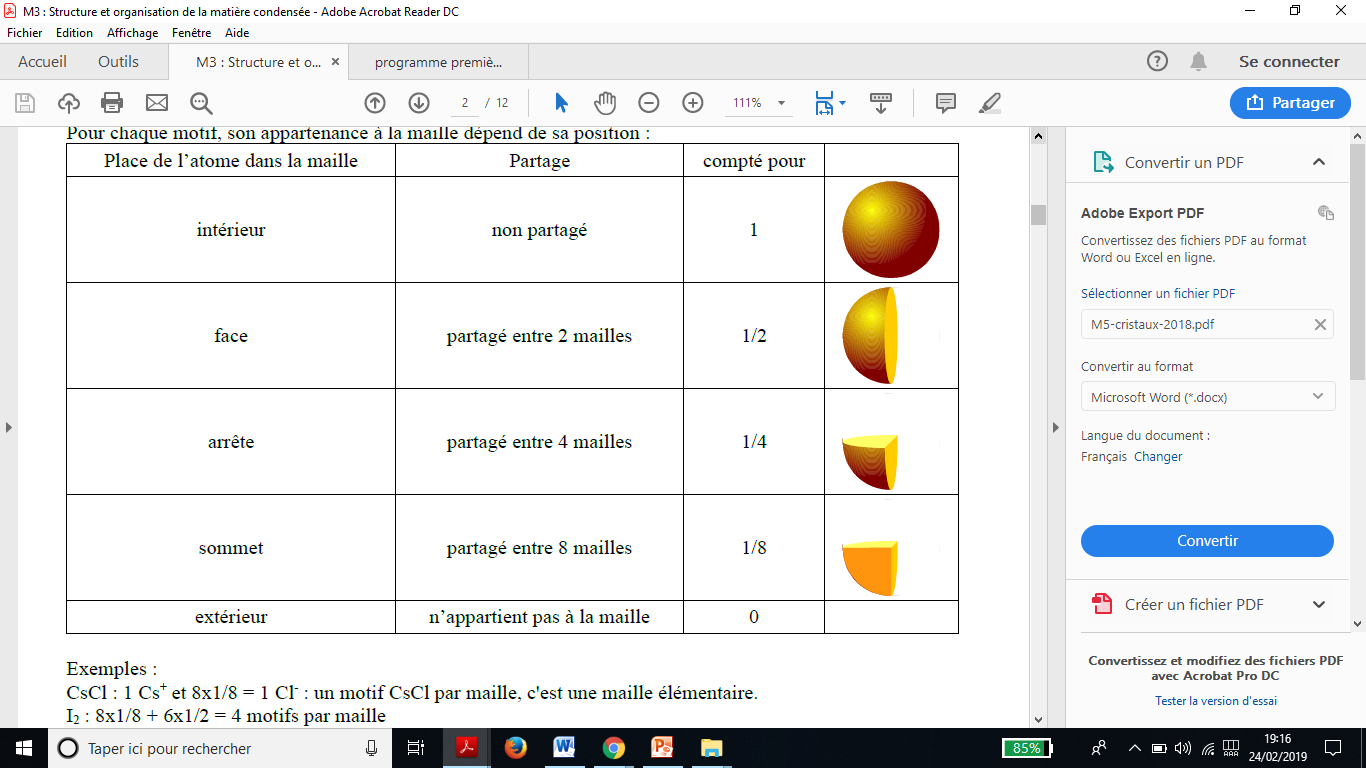
**Carte d'identité du polonium :**

* Symbole chimique : Po
* C’est le premier élément chimique découvert par Marie Curie, elle l’a nommé en hommage à son pays d’origine.
* Masse atomique : 3,47.10-22 g
* Rayon atomique : 190,0 pm

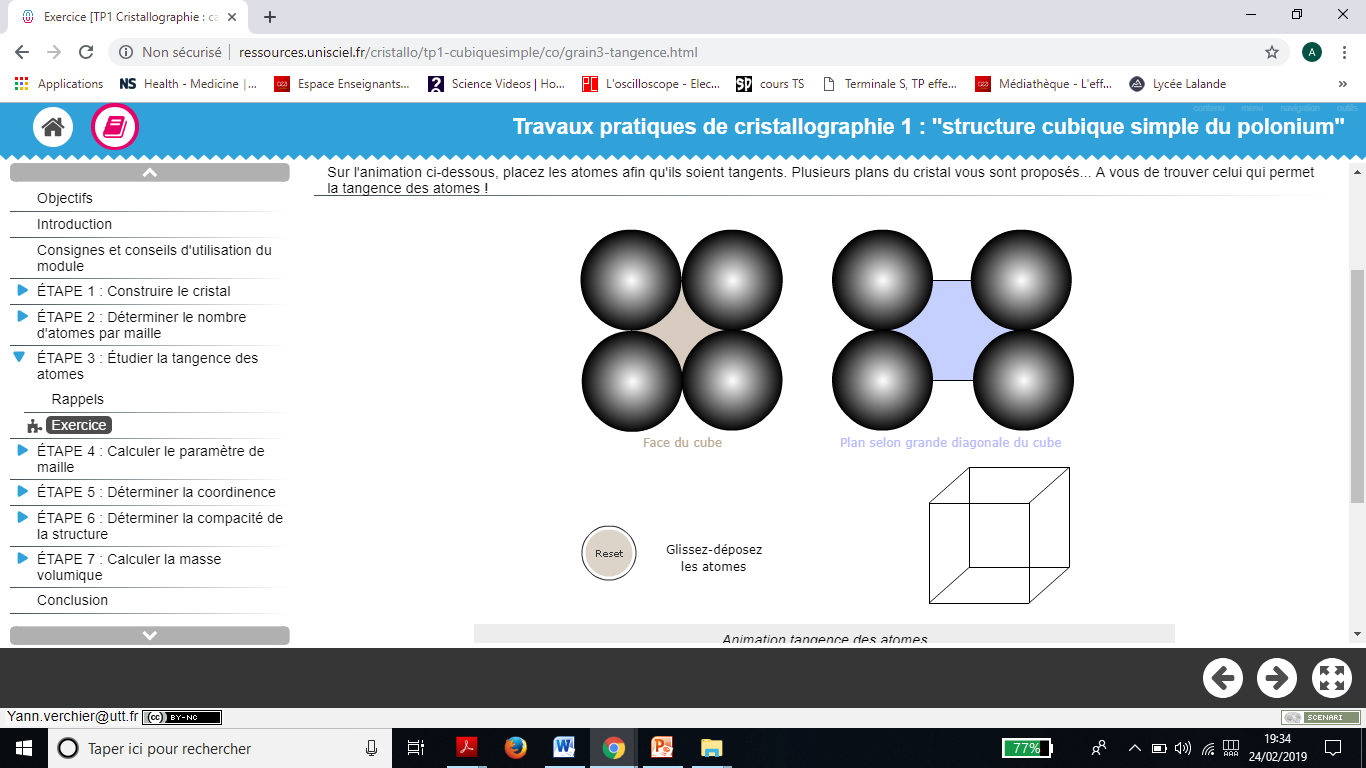
Questions :

* 1. *Dessiner la maille du cristal de Polonium en perspective cavalière, les atomes de Polonium seront représentés par des petites sphères.*
  2. Selon sa position, un atome va appartenir à une ou plusieurs mailles adjacentes. Prenons l’exemple ci-dessous de 4 mailles cubiques adjacentes, chaque atome, ou motif, a une fraction plus ou moins importante dans une maille selon sa position.





Pour la maille qui nous intéresse, il faut donc comptabiliser la part de chaque atome qui appartient effectivement à la maille.

*Vérifier qu’une maille du réseau cubique simple ne contient qu’un seul atome de Polonium.*

* 1. Les cristaux sont réalisés par empilement de sphères supposées indéformables. Certains atomes doivent donc se toucher et d'autres non. Lorsqu’ils se touchent, on dit que les atomes sont **tangents** entre eux.

Dans le réseau cubique simple, les atomes de Polonium sont tangents selon l’arête du cube.

*En déduire une relation entre la longueur a de l’arête du cube et le rayon r de l’atome de Polonium et calculer la longueur de l’arête du cube en cm.*

Données : 1 pm=10-12 m et 1 cm=10-2m

* 1. La masse volumique du Polonium est définie comme la masse d’une maille sur le volume d’une maille.

*Calculer la masse volumique du Polonium en g.cm-3 et la comparer à celle de l’eau liquide (1,0 g.cm-3).*

* 1. *Revoir cette activité pour la prochaine séance pour être capable de la présenter le plus clairement possible à vos camarades.*

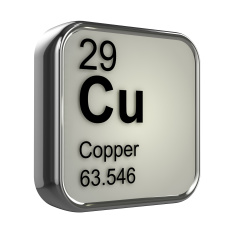
**Quatrième partie : compacité du réseau cubique à faces centrées**

Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l’évaporation de l’eau de mer) est constitué d’un empilement régulier d’ions : c’est **l’état cristallin**.

Plus généralement, une structure cristalline est définie par une **maille élémentaire** répétée périodiquement. Un **réseau cristallin** est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités (atomes ou ions) qui le constituent.

La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.

On souhaite étudier la structure cristalline du Cuivre. Ce composé cristallise sous la forme **cubique à faces centrées,** c’est-à-dire que sa **maille est un cube** et que les atomes de Cuivre occupent les **sommets** du cube et les **centres des faces**.

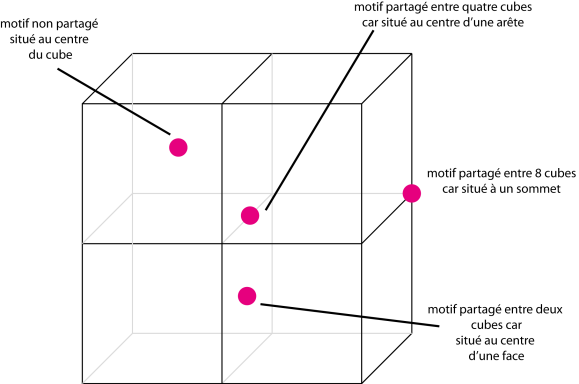


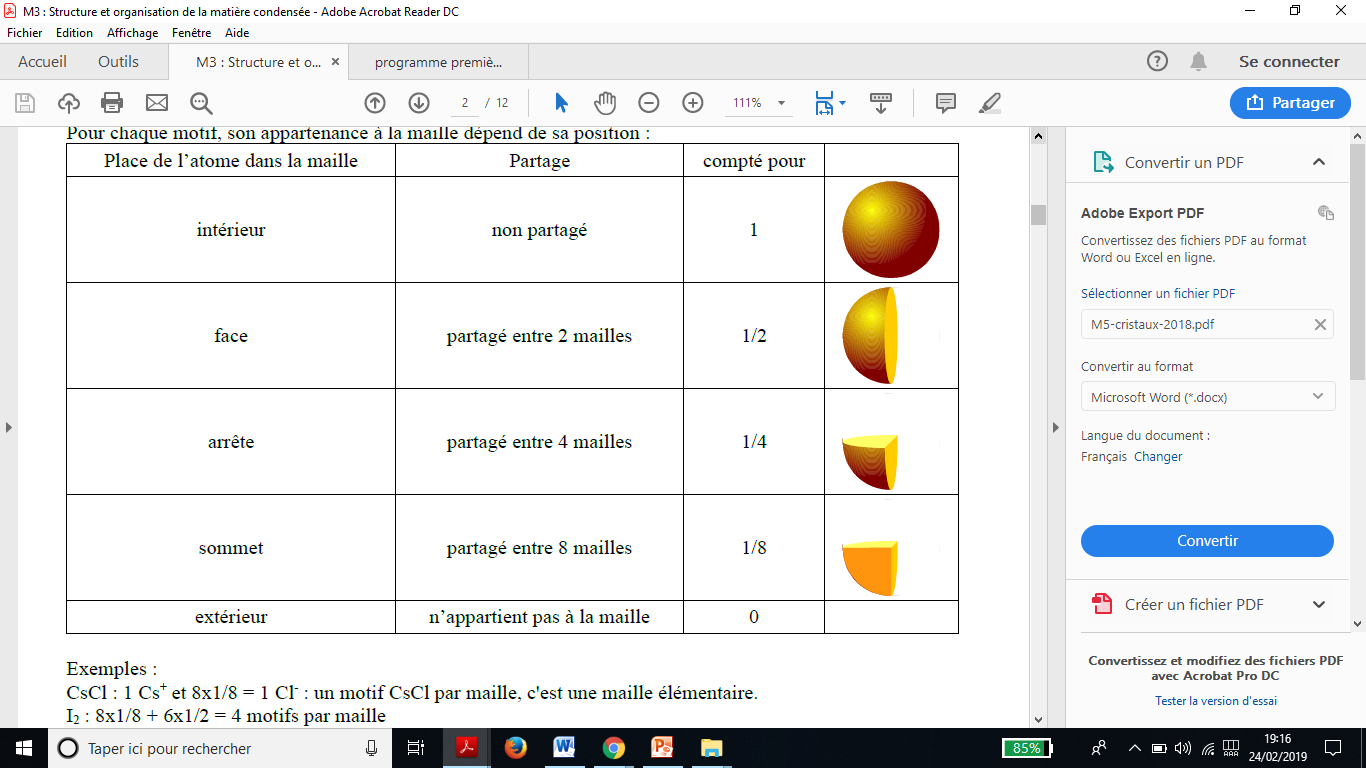
**Carte d'identité du cuivre :**

* Symbole chimique : Cu
* Avec l'or, le **cuivre** est le seul métal naturellement coloré et le meilleur conducteur d'électricité et de la chaleur après l'argent.
* Rayon atomique : 127,6 pm

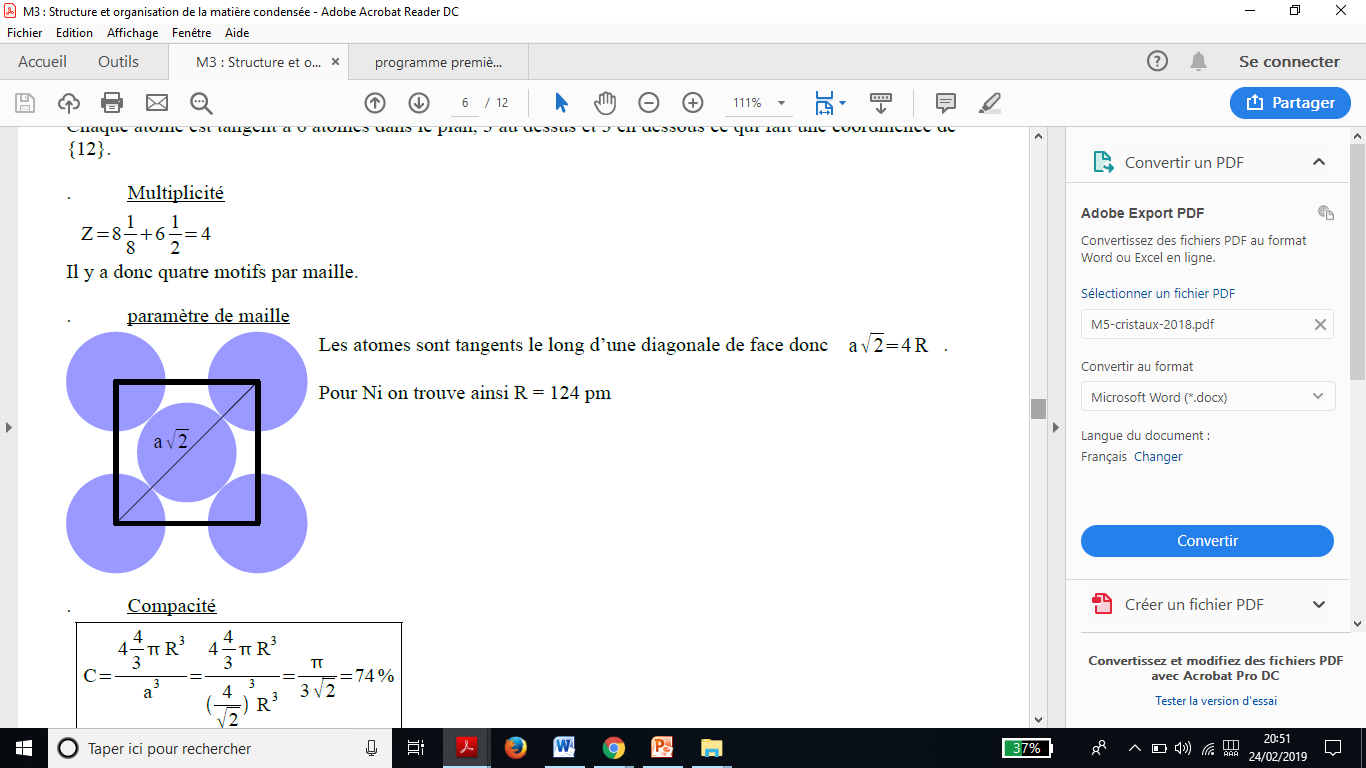
Questions :

1. *Dessiner la maille du cristal de Cuivre en perspective cavalière, les atomes de Cuivre seront représentés par des petites sphères.*
2. Selon sa position, un atome va appartenir à une ou plusieurs mailles adjacentes. Prenons l’exemple ci-dessous de 4 mailles cubiques adjacentes, chaque atome, ou motif, a une fraction plus ou moins importante dans une maille selon sa position.





Pour la maille qui nous intéresse, il faut donc comptabiliser la part de chaque atome qui appartient effectivement à la maille.

*Vérifier qu’une maille du réseau cubique à faces centrées contient 4 atomes de Cuivre.*

1. Les cristaux sont réalisés par empilement de sphères supposées indéformables. Certains atomes doivent donc se toucher et d'autres non. Lorsqu’ils se touchent, on dit que les atomes sont **tangents** entre eux.

Dans le réseau cubique à faces centrées, les atomes de Cuivre sont tangents selon la diagonale de la face du cube.

*En déduire une relation entre la longueur a de l’arête du cube et le rayon r de l’atome de cuivre.*

1. La **compacité** de la structure correspond au volume occupé par les atomes par rapport au volume de la maille. Plus la compacité est grande, plus la maille est "pleine".

C =

La compacité est sans unité, elle est comprise entre 0 et 1 et on l’exprime souvent en pourcentage.

On considère que les atomes sont des sphères de rayon r et de volume Vatome=

*Vérifier que la compacité du réseau du Cuivre est de 0,74 ou 74%.*

*Revoir cette activité pour la prochaine séance pour être capable de la présenter le plus clairement possible à vos camarades.*

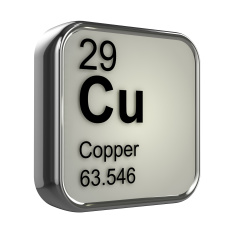
**Cinquième partie : masse volumique du réseau cubique à faces centrées**

Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l’évaporation de l’eau de mer) est constitué d’un empilement régulier d’ions : c’est **l’état cristallin**.

Plus généralement, une structure cristalline est définie par une **maille élémentaire** répétée périodiquement. Un **réseau cristallin** est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités (atomes ou ions) qui le constituent.

La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.

On souhaite étudier la structure cristalline du Cuivre. Ce composé cristallise sous la forme **cubique à faces centrées,** c’est-à-dire que sa **maille est un cube** et que les atomes de Cuivre occupent les **sommets** du cube et les **centres des faces**.

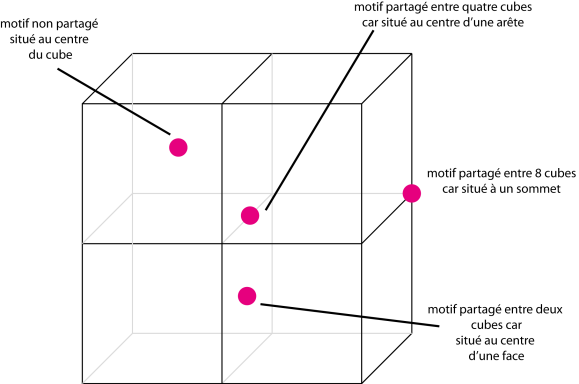


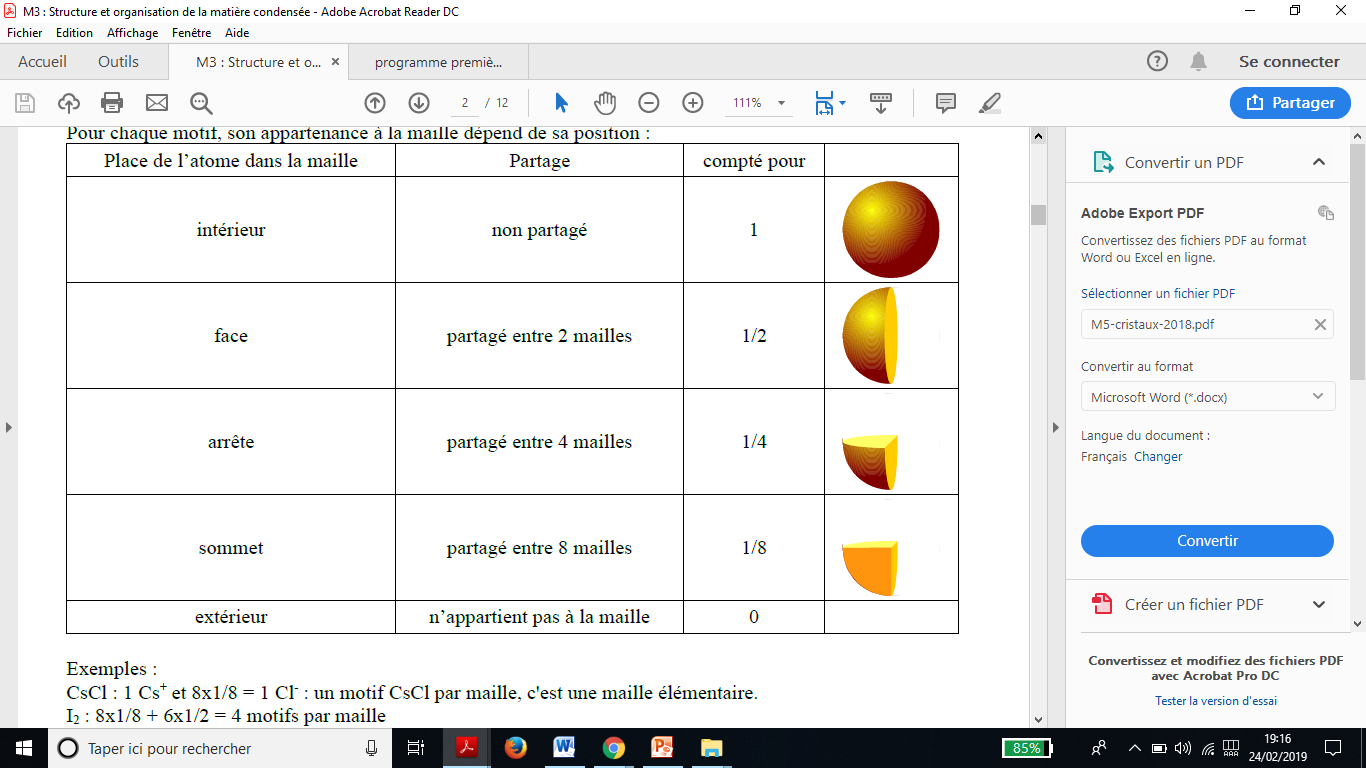
**Carte d'identité du cuivre :**

* Symbole chimique : Cu
* Avec l'or, le **cuivre** est le seul métal naturellement coloré et le meilleur conducteur d'électricité et de la chaleur après l'argent.
* Masse atomique : 1,05.10-22 g
* Rayon atomique : 127,6 pm

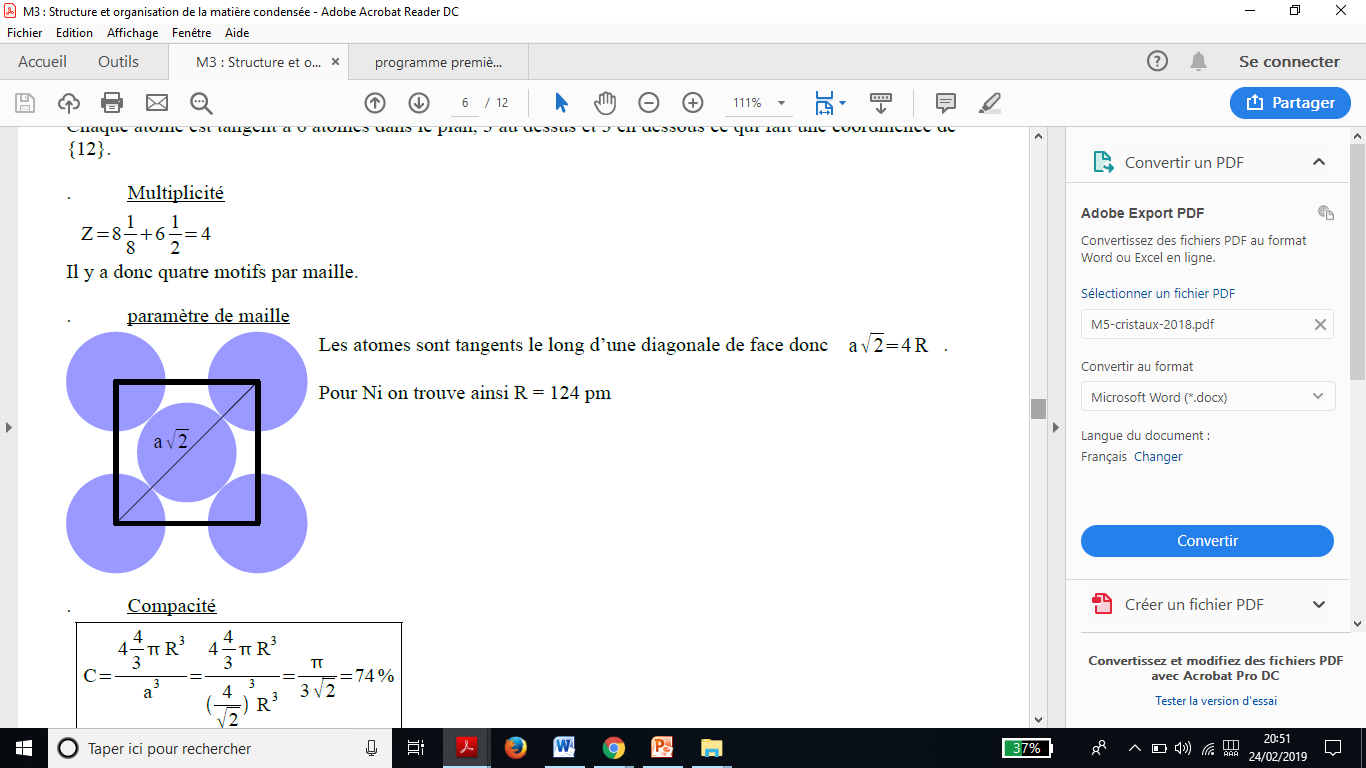
Questions :

* 1. *Dessiner la maille du cristal de Cuivre en perspective cavalière, les atomes de Cuivre seront représentés par des petites sphères.*
  2. Selon sa position, un atome va appartenir à une ou plusieurs mailles adjacentes. Prenons l’exemple ci-dessous de 4 mailles cubiques adjacentes, chaque atome, ou motif, a une fraction plus ou moins importante dans une maille selon sa position.





Pour la maille qui nous intéresse, il faut donc comptabiliser la part de chaque atome qui appartient effectivement à la maille.

*Vérifier qu’une maille du réseau cubique à faces centrées contient 4 atomes de Cuivre.*

* 1. Les cristaux sont réalisés par empilement de sphères supposées indéformables. Certains atomes doivent donc se toucher et d'autres non. Lorsqu’ils se touchent, on dit que les atomes sont **tangents** entre eux.

Dans le réseau cubique à faces centrées, les atomes de Cuivre sont tangents selon la diagonale de la face du cube.

*En déduire une relation entre la longueur a de l’arête du cube et le rayon r de l’atome de cuivre et calculer la longueur a de l’arête de la maille en cm.*

Données : 1 pm=10-12 m et 1 cm=10-2m

* 1. La masse volumique du cuivre est définie comme la masse d’une maille sur le volume d’une maille.

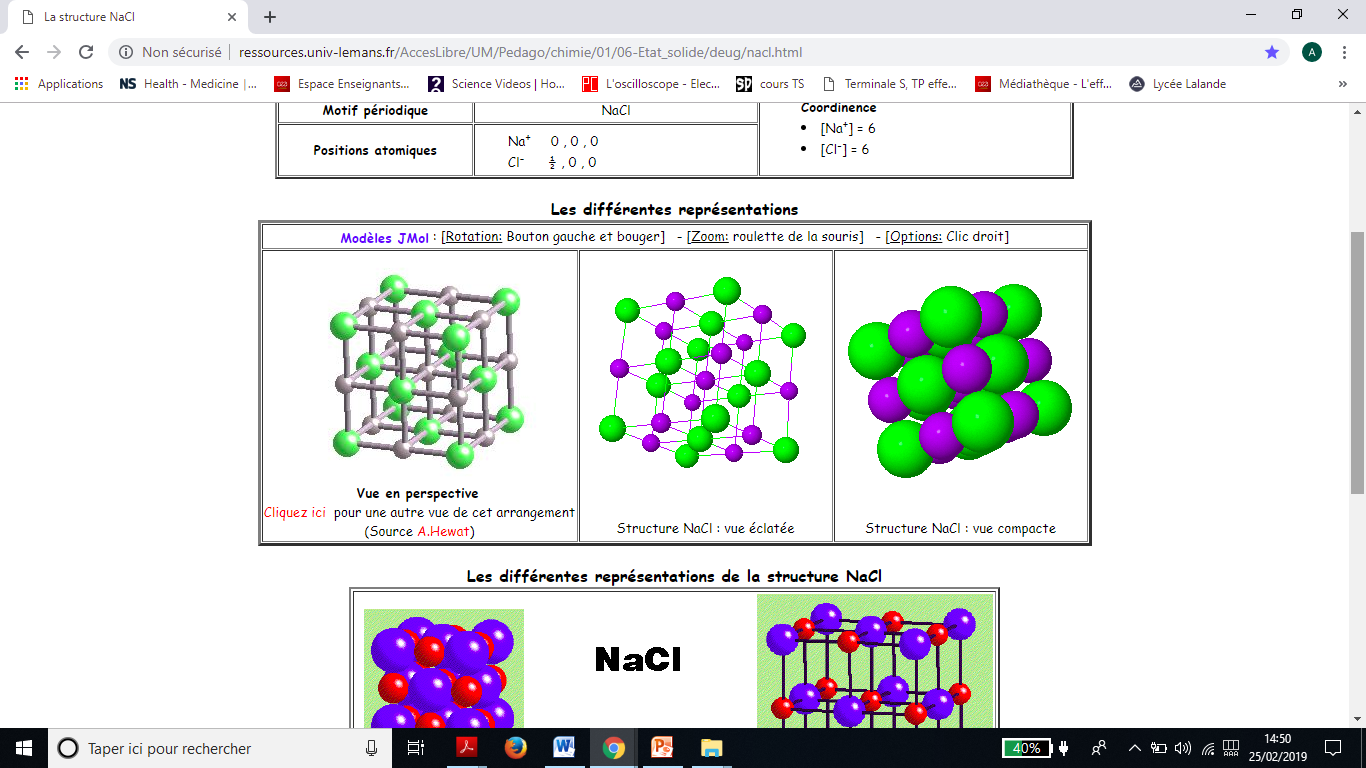
*Calculer la masse volumique du cuivre en g.cm-3 et la comparer à celle de l’eau liquide (1,0 g.cm-3).*

* 1. *Revoir cette activité pour la prochaine séance pour être capable de la présenter le plus clairement possible à vos camarades.*

**

**Sixième partie : Etude du cristal de chlorure de sodium**

Dans la structure cristalline du chlorure de sodium, les anions Cl- s'arrangent selon une maille cubique faces centrées dans laquelle les cations Na+ occupent les milieux des arêtes et le centre de la maille. Les cations et les anions sont tangents le long de l’arête de la maille. L’organisation de la maille au niveau microscopique explique la structure du cristal au niveau macroscopique.



Données :

Longueur de l’arête de la maille : a = 560pm,

Rayon de l’ion chlorure ra=181pm,

Rayon de l’ion sodium rc=99pm,

Masse de l’ion chlorure : 5,89.10-23 g,

Masse de l’ion sodium : 3,82.10-23 g.

*Montrer qu’une maille du cristal de sel contient 4 ions chlorures et 4 ions sodium et que la masse volumique du sel est de 2,2 g.cm-3.*

**Fiche professeur**

Cette activité de découverte de la cristallographie est une activité de groupe permettant la différenciation au sein d’un groupe à effectif réduit ou d’une classe entière.

En effet, toutes les tâches demandées ne présentent pas la même difficulté, mathématique, notamment et l’enseignant pourra former 6 équipes et attribuer au mieux les parties.

Durant la première séance, de 1h à 1h30, chaque équipe va découvrir les documents et outils (logiciel et/ou modèles moléculaires) dont elle dispose et répondre au mieux aux questions posées. S’il reste du temps et que la séance se déroule dans une salle informatisée, les élèves pourront commencer à préparer leur diaporama de restitution. Ils devront terminer ensemble cette tâche pour la séance suivante.

Lors de la deuxième séance, chaque équipe prend la parole devant le reste du groupe en répartissant le temps de présentation (5 min environ) de manière équitable. Il s’agit de répondre aux questions posées en expliquant les différentes notions et les calculs utilisés.

Le fait que certaines tâches soient redondantes entre les groupes permettra la remédiation entre pairs, des discussions de validation et une meilleure appropriation de ces notions ardues.

La dernière partie étant la plus difficile, l’enseignant pourra décider de ne pas l’attribuer et pourra par exemple la donner en exercice d’approfondissement.

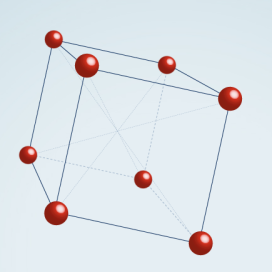
Si l’effectif des élèves est très chargé, on pourra imaginer que deux équipes travaillent sur la même partie et se concertent pour une restitution commune.

A l’issue de ces séances, une synthèse de cours pourra être fournie aux élèves.

Réponses de la première partie :

1. Un solide amorphe n’a pas d’arrangement régulier au niveau microscopique tandis qu’un solide cristallin si.
2. La vitesse de refroidissement du magma détermine s’il va donner un solide amorphe (refroidissement rapide) ou cristallin (refroidissement lent).
3. Le quartz correspond à un état cristallin de la silice alors que le verre correspond à un état amorphe.
4. Atome, maille, cristal, minéral, roche.
5. Les mailles 2,4,5 correspondent à des réseaux cubiques. (la 1 est orthorombique et la 3 hexagonale).
6. La maille 2 correspond au réseau cubique simple et la 5 au cubique face centrée. (La 4 est une cubique centrée).

Réponses de la deuxième partie :

1.

2. On a 8 atomes de Polonium aux 8 sommets de la maille qui comptent pour 1/8 dans la maille donc le nombre d’atomes total est 8×=1.

3. a=2r

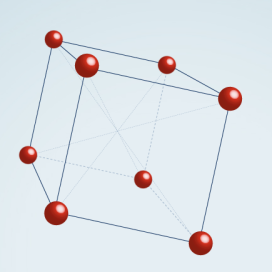
4. Volume de la maille=volume du cube=a3=(2r)3=8r3

Volume occupé par les atomes dans la maille = volume d’un atome =

Donc C==0,52 ou 52%

Remarque : le rayon des atomes de Polonium étant donné, les élèves peuvent calculer les deux volumes en pm3 avant de calculer la compacité.

Réponses de la troisième partie :

1.

2. On a 8 atomes de Polonium aux 8 sommets de la maille qui comptent pour 1/8 dans la maille donc le nombre d’atomes total est 8×=1.

3. a=2r=380,0 pm=380,0.10-10 cm

4. Volume de la maille=volume du cube=a3=(380,0.10-10)3=5,487.10-23 cm 3

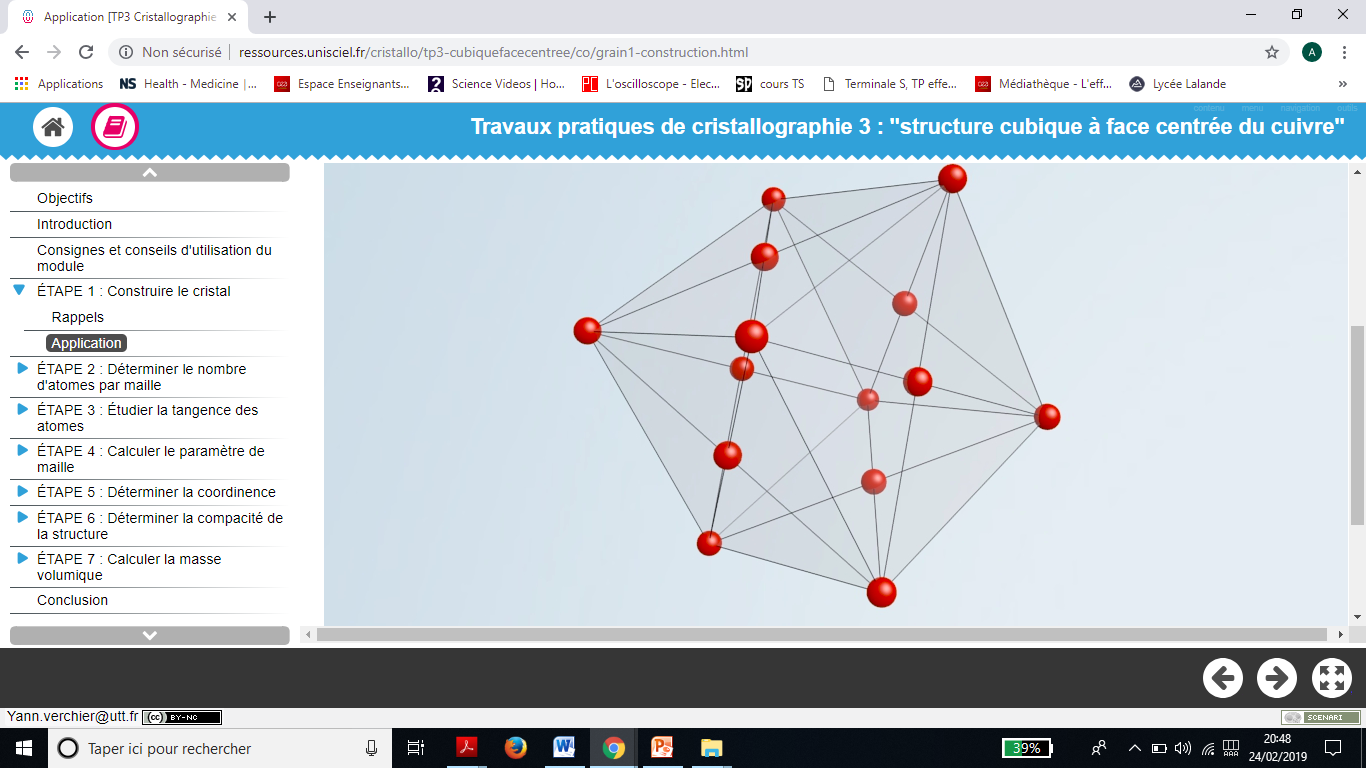
Il n’y a qu’un atome par maille donc

masse volumique du Polonium===6,32  *g.cm-3*, ce qui est plus élevé que pour l’eau, ce qu’on pouvait prédire pour un solide.

Remarque 1 : Pour les élèves en spécialité Physique-Chimie, on pourra donner la masse molaire du Polonium et le nombre d’Avogadro pour retrouver la masse d’un atome.

Remarque 2 : la masse volumique trouvée au modèle de sphères tangentes.

Réponses de la quatrième partie :

1. 

2. On a 8 atomes de Cuivre aux 8 sommets de la maille qui comptent pour 1/8 dans la maille et 6 atomes au centre de chaque face qui comptent pour ½

donc le nombre d’atomes total est 8×= 1+3=4

3. a=4r, soit a=4r/

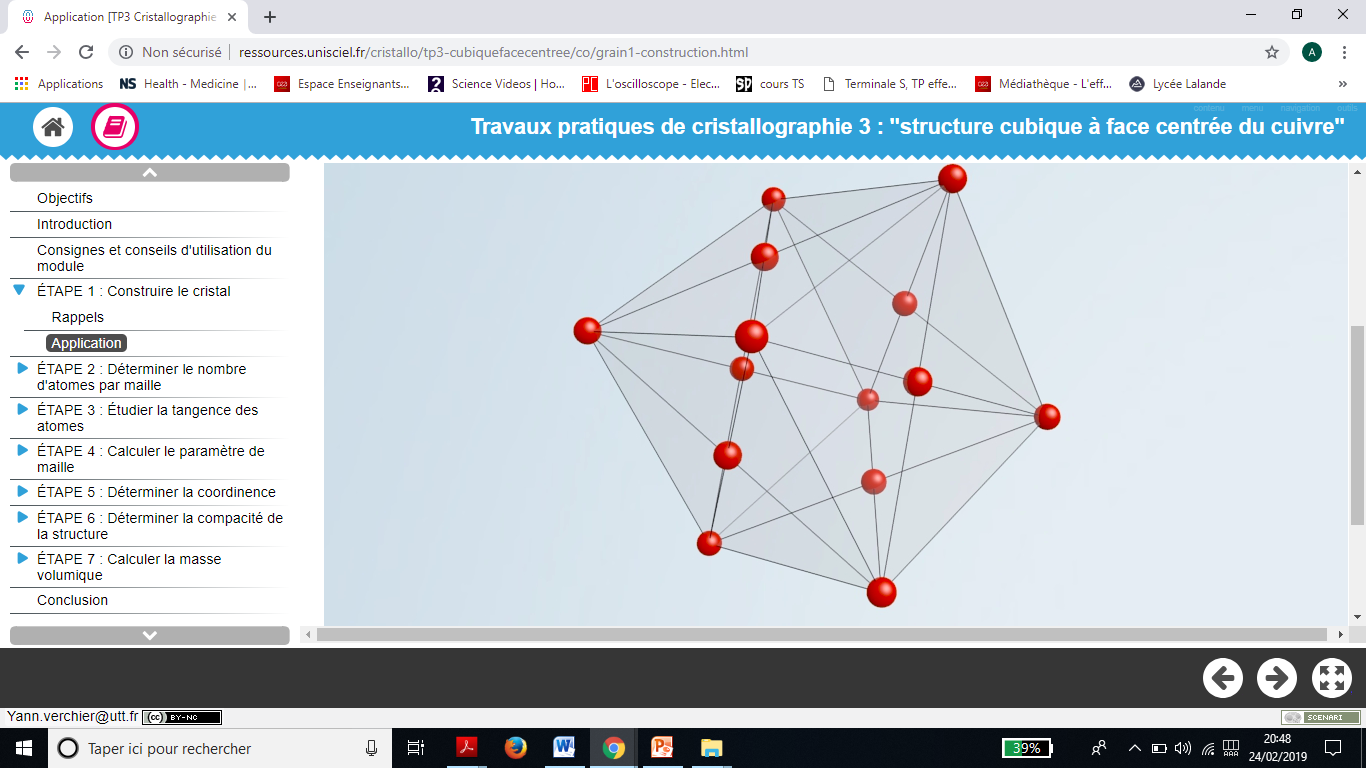
4. Volume de la maille=volume du cube=a3=(4r/)3

Volume occupé par les atomes dans la maille = 4×volume d’un atome = 4×

Donc C==0,74 ou 74%

Remarque : le rayon des atomes de cuivre étant donné, les élèves peuvent calculer les deux volumes en pm3 avant de calculer la compacité.

Réponses de la cinquième partie :

1. 

2. On a 8 atomes de Cuivre aux 8 sommets de la maille qui comptent pour 1/8 dans la maille et 6 atomes au centre de chaque face qui comptent pour ½

donc le nombre d’atomes total est 8×= 1+3=4

3. a=4r, soit a=4r/=4×127,6 /=360,9 pm=360,9.10-10 cm

4. Volume de la maille=volume du cube=a3=4,701.10-23 cm3

Il y a 4 atomes par maille donc

masse volumique du Cuivre===8,93  *g.cm-3*, ce qui est plus élevé que pour l’eau, ce qu’on pouvait prédire pour un solide.

Remarque  : Pour les élèves en spécialité Physique-Chimie, on pourra donner la masse molaire du Cuivre et le nombre d’Avogadro pour retrouver la masse d’un atome.

Correction de la sixième partie :

On a 8 ions Chlorure aux 8 sommets de la maille qui comptent pour 1/8 dans la maille et 6 au centre de chaque face qui comptent pour ½

donc le nombre d’ions Chlorure dans la maille est 8×= 1+3=4

On a 12 ions sodium sur les 12 arêtes de la maille qui comptent pour 1/4 dans la maille et 1 au centre de la maille

donc le nombre d’ions sodium dans la maille est 12×

Les ions sont tangents selon l’arête du cube donc a=2rc+2ra=560 pm =560.10-10cm

Volume de la maille=volume du cube=a3=1,76.10-22 cm3

Il y a 4 ions sodium et chlorure par maille donc

masse volumique du Polonium===2,2  *g.cm-3*