

# PRIX PIERRE POTIER 2021-2022



## HiPERSSYS

**Lycée SAINTE MARIE / Place Marinette Menut / 63200 Riom**

**Elèves de Première spécialité Physique-Chimie (classe de 1<sup>ère</sup>2) :**

DUHAMEL Carla / FOUCAULT Auriane / GUBIAN Titouan /  
GUIMARD Augustin / DUPIT Clément / DEBARD Emma

**Professeure de physique-chimie : CLAIRET Patricia**

### **Partie 1 : Explication du vote**

HiPERSSYS crée et développe de très prometteuses batteries qui détrônent les célèbres batteries lithium-ion. Ces dernières sont généralement utilisées dans les applications portables (smartphones, tablettes, ordinateurs, véhicules) ou stationnaires (stockage fixe d'électricité). Le développement de batteries performantes est un enjeu principal du secteur des transports, notamment avec la forte croissance du nombre de véhicules hybrides et électriques sur les routes. Les batteries HiPERSSYS ont une charge théorique cinq fois plus importante que les batteries traditionnelles.

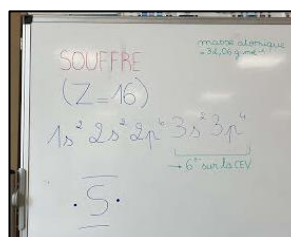
#### ***1.a. En quoi le projet représente-t-il une innovation de rupture ?***

Le projet HiPERSSYS propose un nouveau type de pile : La pile soufre/silicium. Cette pile est un nouveau produit innové par la start-up HiPERSSYS, qui représente donc une innovation de rupture. Les matériaux utilisés dans ces piles sont des matériaux qui sont beaucoup plus abondants sur Terre : le soufre et le silicium.

La teneur moyenne de l'écorce terrestre en soufre est de 600ppm, soit 600mg/kg. Son extraction se fait selon différentes techniques allant de l'extraction minière classique passant par le Frasch (utilisation d'eau chaude pour faire atteindre au soufre sa température de fusion à 119°C pour le pomper et le remonter à la surface) jusqu'à sa récupération dans les hydrocarbures.



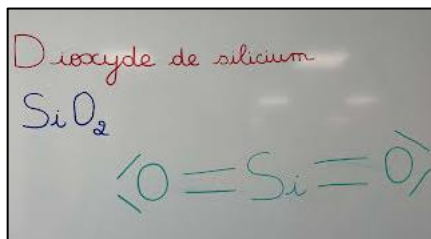
*Soufrière*



Le silicium est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre après l'oxygène. Il est extrait principalement sous forme de quartz de silice  $\text{SiO}_2$  puis transformé en silicium « métal » par électrométallurgie. On ne le trouve cependant presque jamais à l'état de corps pur simple à cause de sa grande réactivité avec l'oxygène.



*Silicium métallique*



*Dioxyde de silicium en poudre (silice)*

Ces deux matériaux sont dix fois plus puissants que les matériaux traditionnels. Les piles sont rechargeables plus rapidement. Leur assemblage permet d'obtenir une densité d'énergie théorique de 1 940 Wh/Kg alors que celle des batteries commerciales varie entre 100 et 400 Wh/Kg.



*Cf video pour le fonctionnement de la pile Hiperssys*

Cette innovation disruptive rompt avec le modèle traditionnel. Elle remet en question de manière drastique les piles lithium-ion. Ces dernières présentent de nombreux scénarios accidentels potentiels identifiés par l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) au cours des différentes étapes du cycle de vie des batteries, douze ont été considérés comme critiques. Ils concernent notamment les étapes du stockage, de la recharge et de l'utilisation. Le résultat le plus problématique de ces risques concerne le feu de batterie (ou feu de métal). C'est un risque important car le feu provoqué par les batteries lithium-ion ne peut s'éteindre de façon conventionnelle, la batterie générant elle-même les molécules d'oxygène et la chaleur nécessaires à la combustion. Il ne peut alors être éteint qu'avec l'aide de poudres spéciales, le tout dans un environnement confiné. Ces dernières ont aussi une très faible autonomie et nécessitent l'extraction de matériaux très rares.

La start-up HiPERSSYS s'organise pour mettre son innovation en œuvre grâce à de nombreux acteurs tels que différentes écoles. La start-up HiPERSSYS est soutenue par l'Ecole Polytechnique IP de Paris, Safran, Paris Saclay, Chaines énergies durables école polytechnique EDF, SATT Paris Saclay. L'équipe qui a travaillé sur le projet est constituée d'une dizaine de personnes dont le fondateur Costel-Sorin Cojocar, Mariam Ezzedin et Fatme Jardali (co-fondatrice). Le projet HiPERSSYS a été lauréate de la 10<sup>ème</sup> édition du prix Jean Louis Gerondeau/ Safran.

Aujourd'hui la start-up a mis en place des piles boutons fonctionnelles et travaille actuellement sur des piles plus grosses pour passer du milliampère/heure à l'ampère/heure. Le projet HiPERSSYS crée donc une nouvelle offre de piles sur le marché. Ces piles qui d'ici quelques années devraient se développer sur des modèles plus performants et intégrer nos ordinateurs, smartphones et tablettes. Elles vont révolutionner le monde technologique et chimique qui aujourd'hui est essentiel. Ainsi ces piles bouleverseront la hiérarchie du marché en proposant au consommateur une offre plus durable, plus performante et moins onéreuse.

## **1.b. En quoi cette innovation représente-t-elle une solution durable avec un impact possible sur la société ?**

Les piles sont également durables grâce à ses composants : le soufre et le silicium.

Le cycle du soufre est le cycle biogéochimique des différentes formes du soufre. Le soufre est un élément essentiel à la vie qui, comme le carbone, le phosphore, l'oxygène, l'azote ou encore l'eau, possède son propre cycle de vie. En effet, le soufre est présent partout sur Terre, atmosphère, océans, continents, mais aussi chez tous les êtres vivants sous forme de molécules organiques : les acides aminés soufrés sont des constituants de protéines (méthionine et cystéine). Grâce à cette grande disponibilité, le soufre est donc abondant sur Terre. De plus il s'inscrit dans un cycle, une boucle sans fin : ce qui traduit de sa durabilité.

Le silicium quant à lui ne dispose pas de cycle. Sous sa forme amorphe, la silice ( $\text{SiO}_2$ ) provenant généralement de carrières, est utilisée depuis très longtemps comme composant essentiel du verre et du béton. La silice amorphe est actuellement étudiée pour ses utilités en nanotechnologie.

Le silicium a depuis le milieu du  $\text{XX}^{\text{ème}}$  siècle de nouveaux usages en électronique (transistor, semi-conducteur, MicroElectroMechanicalSensor), pour la production de matériaux tels que les silicones ou pour fabriquer des panneaux solaires photovoltaïques.

Cependant le mode de recyclage du silicium reste très flou. En effet, pour le recycler, c'est-à-dire le refondre, il faut le séparer de toutes ses impuretés. La start-up *ROsi* a réussi à mettre en place une méthode de récupération de silicium qui consiste en une technique de nettoyage chimique des déchets issus des composants alentours pour les débarrasser de leurs résidus organiques et en faire une poudre sèche et pure, laquelle est ensuite fondue et mise en forme. Le silicium ainsi obtenu peut être réintroduit à différents niveaux de la chaîne de production de silicium industriel.

Parce qu'au-delà de la simple volonté de limiter les impacts sur l'environnement et tout risque de pollution, la valorisation des piles et des petites batteries représente de véritables gisements de matériaux à forte valeur ajoutée. C'est pour cela qu'il est essentiel de recycler les piles. Chaque année, ce sont près de 33 000 tonnes de piles et accumulateurs qui sont utilisés, et cela représente une immense masse de matériaux. Ces produits issus du recyclage sont réinjectés dans beaucoup d'industries, et permettent par conséquent d'y donner une seconde vie.

Même si le soufre et le silicium sont abondants sur Terre, il ne faudra en aucun cas négliger leur recyclage.

Les extractions du soufre et du silicium sont plus simples que celle des autres matériaux. De plus cela évitera de faire travailler à faible coût et de façon extrêmement compliquée des jeunes enfants dans des conditions de travail contraignantes et inhumaines. Cela fournit donc un cadre de vie moins brutal, plus propice à l'éducation, à l'égalité et à la sécurité pour les populations ouvrières.

Cela représente une durabilité sociale, environnementale et économique.

## **Partie 2 : Quel est le sujet clé d'avenir que la chimie devrait traiter ?**

Laboratoires de recherche et géants du numérique se sont lancés dans la course au développement de l'ordinateur quantique qui promet une puissance de calcul décuplée. Cette puissance permettra de simuler les propriétés des molécules et ainsi d'assister et d'accélérer leur conception.

C'est dans les grands laboratoires de recherche que l'ordinateur quantique devrait faire son apparition d'ici à quelques années. Le calcul de la haute performance, à l'aide de supercalculateurs, est déjà au cœur de la recherche en chimie. Molécules et médicaments sont en partie créés par ordinateur. Pour cela, les chimistes théoriciens essaient de résoudre numériquement les équations de la mécanique quantique. Ces calculs permettent de déterminer les propriétés des molécules, qui peuvent être très variées : l'élasticité et la résistance d'un matériau, l'interaction d'un médicament avec une protéine. Ce que les chimistes vont chercher à faire consiste à prédire beaucoup d'interactions entre molécules à très grande vitesse et à très haute précision ; car il y a des milliards de combinaisons possibles pour

trouver la « bonne molécule ». « *La conception des molécules permettra de gagner plusieurs années dans le développement d'un médicament* », selon Jean Philip Piquemal, directeur du Laboratoire de chimie théorique et cofondateur de Qubit Pharmaceutical.

L'ordinateur quantique permettra de fabriquer de nouveaux matériaux avec des propriétés choisies en fonction de leurs applications. Les exemples abondent : engrais plus « propres », catalyseurs pour la capture du dioxyde de carbone et même nouvelles batteries, qui s'appuient sur le couple lithium-soufre très étudié ou encore le couple silicium-soufre (HiPERSSYS). Des études ont montré que l'on pouvait simuler ces molécules et leurs interactions, avec un gain de temps considérable sur les machines quantiques. Avec une meilleure compréhension de ces molécules, l'espoir s'ouvre de concevoir des batteries avec plus de cycles de recharge et qui durent plus longtemps, fabriquées avec des matériaux moins toxiques que ceux utilisés actuellement.

Les simulations sont beaucoup utilisées pour analyser l'évolution dans le temps des structures (métaux, bétons...) qui se trouvent dans les centrales nucléaires. Elles peuvent être soumises à de très hautes températures ou des radiations, et l'on a besoin de prévoir ce qui se passe à l'intérieur, ce qui se passe sur le long terme pour prendre les mesures de sécurité adéquates. Ces idées peuvent également s'appliquer aux barrages hydroélectriques.

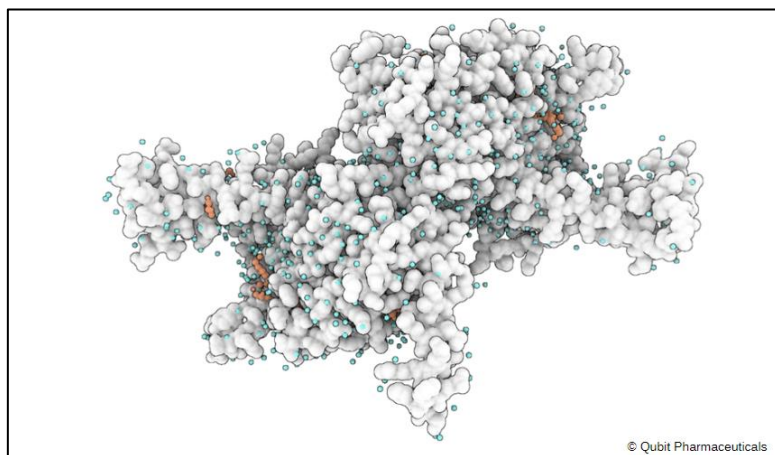
L'ordinateur quantique repose sur l'utilisation du qubit ou bit quantique. Ce dernier se distingue du bit traditionnel par sa capacité à prendre la valeur « 0 », « 1 » ou « 1 » et « 0 » en même temps. Un ordinateur classique traite les tâches une par une, de manière séquentielle. L'ordinateur quantique les mène en parallèle grâce à cette capacité à se trouver dans deux états en même temps.

Le concept de superposition repose sur les caractéristiques réservées aux particules élémentaires (photons, électrons...) et aux atomes. Prenons l'exemple d'un électron dans une boîte. Sa nature quantique fait qu'il n'est pas présent en un endroit précis, mais se répartit dans toute la boîte, sous la forme d'une probabilité de présence. Toutes les caractéristiques des particules se manifestent sous la forme d'une probabilité : leur vitesse, leur spin... . Cela explique donc pourquoi un qubit peut être dans deux états à la fois.

L'efficacité de l'ordinateur quantique augmente de façon exponentielle.

De nos jours nous connaissons cinq techniques pour fabriquer des qubits. Les grands industriels tels IBM, Intel ou Google se focalisent sur les qubits supraconducteurs et de silicium ( l'électron est ici piégé sur un substrat de silicium, de plus le silicium est un matériau abondant sur Terre, cf HiPERSSYS, plus simples à mettre en œuvre, tandis que ceux à ions piégés, photons et atomes sont pour l'instant développés dans les laboratoires et les starts-up.

La révolution quantique du XXI<sup>ème</sup> siècle est donc extrêmement importante pour permettre à la chimie d'apporter des solutions à une société en constantes croissances démographique et technologique.



*Simulation de la protéine Mpro clé des coronavirus*