

Le Petit Oral de Sciences ... 3 déclinaisons

Thème : « L'hydrogène »

DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AU PROFESSEUR

Objectif(s) généraux de formation	<ul style="list-style-type: none">* <i>Aborder avec les élèves des sujets scientifiques (parfois d'actualités) afin d'acquérir (ou renforcer) une culture scientifique solide et gage d'objectivité dans leurs choix futurs de citoyens.</i>* <i>Développer les capacités et compétences liées principalement :</i><ul style="list-style-type: none">⊕ <i>À l'analyse de ressources scientifiques diverses et variées.</i>⊕ <i>À la préparation et la réalisation d'une présentation orale structurée (Grand Oral)</i>⊕ <i>Au travail de groupe.</i>
Type d'activités	<ul style="list-style-type: none">* <i>Analyse et synthèse de ressources diverses (Articles, vidéos, images).</i>* <i>Préparation puis réalisation d'une présentation orale (Individuellement ou en groupes).</i>* <i>Évaluation d'une présentation orale par les élèves.</i>
Description succincte	<p><u>1^{ère} proposition d'organisation : Travail individuel</u></p> <ul style="list-style-type: none">* <i>Un élève volontaire se voit remettre un « dossier » contenant différentes ressources (plusieurs documents : écrits, liens de vidéos, images ... pas forcément tous pertinents) sur un sujet scientifique qu'il ne choisit pas (en lien avec sa spécialité).</i>* <i>Il dispose alors de plusieurs jours pour préparer une présentation orale sur le sujet proposé. Selon l'avancement de l'année et donc de l'acquisition des compétences visées on pourra moduler le cadre de la présentation : Une question possible sur le sujet est donnée ou non, une durée de présentation allant de 1 à 5 minutes, avec ou sans notes, devant le public ou à sa place ...</i>* <i>Lors de la séance de passage l'élève réalise sa présentation orale tandis que plusieurs petits groupes d'élèves sont assignés à l'évaluation d'une « brique » de la grille d'évaluation proposée par Eduscol (en annexe). À la suite de la présentation, chaque groupe évaluateur désigne un rapporteur qui propose un avis sur le degré de maîtrise des compétences évaluées.</i>* <i>La classe propose ensuite un bilan des points forts et fragiles assortis de quelques conseils.</i> <p><u>2^{nde} proposition d'organisation : Travail individuel comparé</u></p> <ul style="list-style-type: none">* <i>On propose à 2 élèves de traiter un même sujet.</i>* <i>Même organisation que précédemment sur les délais, sur les exigences et l'évaluation MAIS dans ce cas-là les deux élèves passent à la suite l'un de l'autre (le second peut préférer ne pas assister à la présentation afin de ne pas être influencé). L'idée forte est de discuter ensuite des différents choix effectués par les deux élèves et d'étudier la pertinence et l'efficacité de chacun.</i> <p>Remarque : <i>lors de ce choix d'organisation il est conseillé de ne pas donner de propositions de questions aux élèves afin d'examiner les choix qu'ils auront fait.</i></p> <ul style="list-style-type: none">* <i>Même organisation sur l'évaluation.</i>

	<p>3^{ème} proposition d'organisation : Travail de groupe</p> <ul style="list-style-type: none"> * On propose à un groupe d'élève de travailler ensemble sur un sujet, sur un temps de cours. * Chaque membre du groupe doit analyser les différentes ressources puis discuter/débattre/écouter/argumenter/proposer/convaincre ses camarades ... afin qu'un consensus se fasse sur les choix à faire pour préparer une présentation orale efficace. Comme précédemment on peut moduler le niveau d'exigence en donnant ou non une question possible ... * L'un des membres du groupe est désigné pour réaliser la présentation orale. * Même organisation sur l'évaluation.
Compétences travaillées	Toutes les compétences caractéristiques de la démarche scientifique sont travaillées (S'approprier, Analyser / Raisonner, Réaliser, Valider, Communiquer) ainsi que celles associées à l'oral (Qualités orales, mise à portée du discours, construction de l'argumentation, prise de parole en continu)
Mise en œuvre	Dès que possible, en alternance avec des Fast FlashBack (cf fiche activité) de façon à ce que chaque élève bénéficie d'un temps de passage sur l'exercice qu'il préfère (Présentation d'un sujet inconnu ou présentation d'une notion vue en cours / d'un TP).
Sources	<p>https://lejournald.cnrs.fr/articles/lhydrogene-tiendra-t-il-ses-promesses <i>Electrolyse de l'eau et pile à combustible, CEA :</i> https://www.youtube.com/watch?v=AFZZoMc8PjU</p>
Auteur(s)	Mercier Sylvain - LPO Thérèse Planiol – Loches

Les documents mis à disposition :

- Un dossier avec les consignes et ressources sur la thématique « L'Hydrogène ».
- Une fiche d'évaluation des capacités liées à l'oral.
- Une fiche méthode sur le travail de groupe.

Dossier : « L'Hydrogène »

➤ Consignes de travail

Organisation retenue	Durée retenue	Présentation	La « Question »	Descriptif de l'organisation
<input type="checkbox"/> Travail individuel	<input type="checkbox"/> 1 min <input type="checkbox"/> 3 min <input type="checkbox"/> 5 min <input type="checkbox"/> 5+10 min	<input type="checkbox"/> Avec notes <input type="checkbox"/> Sans notes	<input type="checkbox"/> À trouver <input type="checkbox"/> Proposée	Vous disposez d'un porte documents contenant plusieurs ressources. Ces ressources vous permettent d'élaborer une présentation orale portant sur une question en rapport avec le sujet proposé. Cette présentation sera réalisée puis commentée en classe.
<input type="checkbox"/> Travail individuel comparé				
<input type="checkbox"/> Travail de groupe				Votre groupe dispose d'un porte documents contenant plusieurs ressources. Vous devez élaborer collectivement une présentation orale, à l'aide des ressources disponibles, portant sur une question en rapport avec le sujet proposé. Un (ou plusieurs) membre du groupe réalisera la présentation orale, qui sera ensuite commentée, en classe.

→ Interaction avec le jury.

Vous devez préparer 5 questions, et leurs réponses, que le jury sera susceptible de vous poser.

Mots-clés pour vous aider : Oxydation, réduction, puissance, tension, intensité, énergie, kWh, gaz parfait, équation d'état du gaz parfait ...

➤ Le « pitch »

L'hydrogène, un petit atome dont le nom affole les décideurs comme les chercheurs. Avec un seuil de maturité technologique franchi et des applications industrielles en ligne de mire, l'hydrogène est pressenti pour être un pilier de la transition énergétique.

➤ Le porte documents.

Document n°1 : L'hydrogène tiendra-t-il ses promesses ?

L'hydrogène est l'atome le plus abondant dans l'Univers. Il constitue donc une ressource potentiellement illimitée. De quelle manière peut-on en extraire de l'énergie ?

Daniel Hissel. L'hydrogène n'est pas une source d'énergie primaire, mais un vecteur d'énergie. Il faut d'abord le transformer en dihydrogène, sa forme moléculaire (H_2), afin de pouvoir ensuite le transporter, le stocker, puis, enfin, en tirer de l'énergie. Pour cela, il existe deux méthodes principales. La première consiste à le brûler dans des turbines, comme un combustible classique. L'avantage c'est que pour un même poids, vous libérez trois fois plus d'énergie thermique qu'avec de l'essence. Par ailleurs, cette combustion est décarbonée : elle ne produit que de l'eau, pas de dioxyde de carbone (CO_2). Ainsi, le dihydrogène est un combustible que l'on envisage par exemple pour l'aviation grand public. Cela permettrait de faire voler des avions « propres », même s'il y a tout de même production d'oxydes d'azote, des polluants, lors de la combustion.

L'autre méthode, sur laquelle nous travaillons dans notre laboratoire, est l'utilisation de l'hydrogène dans les piles à combustible, ou piles à hydrogène, pour produire de l'électricité et de la chaleur. En résumé, dans ce genre de pile, il s'agit de faire réagir le dihydrogène avec de l'oxygène. La molécule de dihydrogène est dissociée, puis les atomes d'hydrogène se combinent à l'oxygène de l'air pour former de l'eau. Il y a également émission de chaleur et des échanges d'électrons, ce qui se traduit par un courant électrique.

Venons-en au H_2 proprement dit. Il n'est pas présent naturellement dans la nature. Il faut le fabriquer. Comment fait-on ?

D. H. Aujourd'hui, la méthode la plus employée est le reformage du méthane (CH_4) par de la vapeur d'eau surchauffée. Le méthane et l'eau se combinent pour former du H_2 d'un côté et du CO_2 de l'autre. Globalement, le H_2 est produit à 95 % de cette façon, à partir d'énergies fossiles : gaz, pétrole et encore pire... charbon. C'est regrettable car si l'électricité produite par les piles à hydrogène est verte, on ne fait que déplacer le problème en l'obtenant à partir de H_2 « gris ». Il est donc fondamental pour la filière de le « verdier ».

La méthode pour cela est connue : il suffit de réaliser la réaction inverse de celle qui se produit dans la pile à combustible. **C'est l'électrolyse.** Pour simplifier, en faisant passer un courant électrique dans l'eau, vous recueillez du dihydrogène et de l'oxygène. Aujourd'hui, l'électrolyse ne représente que 5 % de la production d' H_2 . On peut bien entendu augmenter cette part en fabriquant davantage d'électrolyseurs. Mais alors se pose la question de l'origine de l'électricité les alimentant. Il faut qu'elle-même soit d'origine renouvelable, solaire ou éolienne. Cela dit, l'électricité du réseau français est d'ores et déjà très décarbonée, car majoritairement d'origine nucléaire. L'idéal serait bien entendu d'accroître la quantité d'énergie renouvelable dans le mix énergétique français, mais cet enjeu dépasse le seul cadre de la filière hydrogène. Dans tous les cas, comme nous ne sommes pas encore dans une phase de décroissance énergétique, il faut bien avoir en tête que remplacer des combustibles d'origine fossile par de l'hydrogène produit par électrolyse imposera une augmentation de la production électrique globale.

Le procédé de la pile à combustible est connu depuis 1839... Comment se fait-il que nous n'en ayons pas tous une chez nous aujourd'hui ?

D. H. D'abord parce que l'on a privilégié durant longtemps d'autres types de générateurs : piles électrochimiques et batteries. Les efforts pour développer la pile à hydrogène n'ont pas été constants, loin s'en faut. Maintenant, regardons l'évolution depuis vingt ans. Lorsque j'ai commencé à travailler sur le sujet, les piles à combustible étaient extrêmement chères, d'une durée de vie courte, avec de faibles performances. Les efforts de notre laboratoire et de l'ensemble des acteurs de la filière, y compris les industriels, se sont donc portés sur ces trois volets. Bilan : aujourd'hui, à puissance identique, le prix a été divisé par 30. On a réduit le volume requis pour une même puissance par un facteur 50. Quant à la durée de vie, elle a été multipliée par 40 ou 50 selon les usages.

Toutes ses multiplications et divisions aboutissent à quelles performances, concrètement ?

D. H. Le département de l'énergie américain (DOE) a établi un référentiel de performances, dans le secteur du transport automobile, en imaginant un remplacement des moteurs thermiques par des piles à combustible, sur une base de 500 000 unités produites par an. Pour que ce remplacement soit envisageable, il faudrait une durée de vie de l'ordre de 5 000 à 8 000 heures, soit 400 000 kilomètres. La compacité ne devrait pas dépasser 1,5 kW/l (une pile à combustible produisant 1,5 kilowatt doit occuper un volume inférieur à un litre). Question rendement énergétique, il faut que 60 % de l'énergie chimique des molécules de H₂ soient convertis en énergie électrique. Enfin, le coût ne doit pas dépasser les 40 €/kW de pile, sachant que pour équiper une voiture, environ 30 à 40 kW sont nécessaires, soit 1 600 €, car on considère toujours une hybridation électrique. Où en sommes-nous ? L'objectif est atteint quant à la compacité. Côté durabilité, nous atteignons 4 000 heures. Sur le rendement, nous parvenons à 55 %. Et sur le prix, comptez entre 50 et 60 €/kW pour une production projetée de 500 000 unités par an. Bref, les objectifs sont partout en vue, voire atteints.

Comment expliquez-vous de telles avancées ?

D. H. Déjà parce qu'on parlait de très loin ! Ensuite, les facteurs d'amélioration ont été multiples. Ils se répartissent pour moitié entre la recherche fondamentale d'un côté, et l'optimisation de l'usage des piles, via par exemple l'utilisation de l'intelligence artificielle, de l'autre. La recherche amont a permis des progrès dans le domaine des matériaux, et notamment des matériaux nanostructurés afin de réduire le volume des piles à combustible. La membrane, où s'échangent les électrons, a également beaucoup progressé avec la mise au point de nouveaux polymères. L'utilisation du platine, catalyseur indispensable mais cher, a été optimisée. Voilà, en résumé, pour le volet recherche fondamentale. Ensuite, il y a donc l'intégration des piles à combustible dans leurs applications, ce sur quoi nous travaillons ici.

Concrètement, il s'agit de piloter au mieux la pile, d'augmenter ses performances énergétiques et sa durabilité. Nous travaillons ainsi sur tous les auxiliaires nécessaires à son fonctionnement : convertisseurs d'énergie électrique, système de refroidissement, diagnostic de l'état de santé en temps réel et, grâce à un minimum de capteurs, pronostic de durée de vie restante. Au-delà des progrès réalisés sur la pile et son utilisation, il y a aussi une prise de conscience durable de la nécessité de limiter les émissions de gaz à effet de serre. Les industriels se sont décidés à investir dans ce secteur d'avenir, notamment les constructeurs automobiles. Mais l'arrivée à maturité de cette technologie permet d'envisager d'autres applications, et selon un cercle vertueux, cela motive encore davantage d'industriels susceptibles d'investir.

Le catalyseur classique dans les piles est le platine, un métal aussi précieux que l'or... Ce n'est pas un frein à la généralisation des piles à combustible ?

D. H. Les véhicules thermiques aujourd'hui embarquent déjà du platine, dans leur pot d'échappement « catalytique ». Entre 2 et 8 grammes par pot, ce qui n'est pas négligeable. Dans une pile à combustible destinée à l'automobile, il en faut entre 10 et 20 grammes. C'est encore trop, mais on peut espérer diminuer cette quantité. Par ailleurs, le platine est l'un des rares métaux pour lesquels il existe une filière de recyclage efficace à l'échelle mondiale, grâce au pot catalytique. Donc non, l'utilisation du platine n'est pas un frein à l'heure actuelle. Il faudra néanmoins toujours gérer au mieux son recyclage.

Reste-t-il d'autres verrous à faire sauter ?

D. H. Je ne parlerais pas de verrous, car qui dit « verrou » dit « blocage ». Et il n'y a pas de blocage proprement dit, puisqu'il existe déjà des applications industrielles. Mais des améliorations sont nécessaires, en termes de coût notamment. Le stockage aussi doit progresser. Il n'est pas problématique dans des applications où il y a de la place, comme dans le « stationnaire ». En revanche, dans les endroits contraints, comme l'automobile, c'est plus difficile. Si on veut atteindre des autonomies comparables à celles des véhicules thermiques, soit 600 à 700 km, il faut des réservoirs d'hydrogène sous pression, à 700 bars, relativement volumineux, et peu configurables.

Un réservoir d'hydrogène, c'est une bonbonne. Pas question de le mouler comme un réservoir d'essence en matière plastique. Voilà une contrainte forte lorsqu'il s'agit de dessiner une voiture. Le modèle commercialisé par Toyota embarque ainsi deux bonbonnes faisant chacune 40 centimètres de diamètre pour un mètre de long. C'est encombrant, mais on y arrive. La voiture dispose même d'un coffre ! En revanche, pour des applications dans l'aéronautique par exemple, où les quantités embarquées sont bien plus importantes, il n'y a pas le choix : il faut liquéfier l'hydrogène. Pour cela, en plus de la haute pression, il doit être refroidi à -253 °C. Maintenir cette température sans trop de déperditions énergétiques n'est pas une sinécure.

Les modes de production de l'hydrogène auront forcément une conséquence sur le prix, et donc la viabilité de la filière ?

D. H. Concernant le prix de l'hydrogène, le DOE a également fixé des objectifs de viabilité : il faudrait être autour de 3 euros le kilo d'hydrogène à la pompe (ce qui permet de parcourir environ 100 km en voiture). Pour l'instant, le prix varie entre 2 € pour de l'hydrogène carboné, et 6 € pour l'hydrogène vert issu d'électrolyseurs. Il faut donc encore diviser par deux le prix de l'hydrogène vert, mais ce n'est pas un objectif déraisonnable. Par ailleurs, nous avons tout intérêt à développer une filière d'hydrogène vert ici, en France. Depuis le début de la crise du Covid-19, il est beaucoup question de relocalisation. Voilà une occasion de produire de façon durable une énergie française dont l'utilisation ne génère aucun gaz à effet de serre, et qui à terme pourrait largement se substituer à l'essence, au gasoil, au fioul...

Dans quels domaines utilisera-t-on les piles à combustible demain ?

D. H. En fait, on les utilise déjà. Il existe des applications commerciales des piles à hydrogène, non subventionnées, qui sont beaucoup plus compétitives que celles qu'elles viennent remplacer. Je pense par exemple aux chariots élévateurs électriques utilisés dans des entrepôts, où l'on va vers 100 % d'électricité « hydrogène ». Mais les applications ne sont pas cantonnées à la mobilité (voitures, bus, camions, trains). Il y a aussi le « stationnaire ». Il peut s'agir de produire de l'électricité sur des sites isolés, comme avec un groupe électrogène, sauf que là vous n'avez ni bruit ni pollution. Ou bien équiper une maison, ou un immeuble, avec une pile à combustible qui, rappelons-le, produit de l'électricité mais aussi de la chaleur. On recueille en sortie de l'eau à 80 °C qui peut être utilisée telle quelle pour le chauffage.

L'hydrogène, un gaz hautement inflammable, peut faire peur aux futurs utilisateurs. Qu'en est-il de la sécurité ?

D. H. L'hydrogène est un stockeur d'énergie. Tous les stockeurs d'énergie sont à manipuler avec précaution. C'est valable pour un réservoir d'essence, une bouteille de gaz... Un réservoir d'hydrogène est-il plus dangereux ? Non, pas forcément. C'est la conclusion de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques qui a réalisé plusieurs études ces dernières années avec des crash-tests, des tirs à balles réelles sur réservoirs, des fuites diverses... L'hydrogène est un gaz plus léger que l'air, en cas de fuite, il s'échappe toujours vers le haut, contrairement au GPL et au gasoil par exemple, qui s'accumulent sous la voiture, si l'on considère une application dans le domaine du transport. Il y a toutefois une contrainte supplémentaire par rapport à ces carburants, due au fait que l'hydrogène est fortement comprimé dans le réservoir, ce qui peut entraîner une forte déflagration. Pour l'instant, les retours d'expériences concernant les réservoirs déjà en circulation sont positifs, puisqu'on ne recense aucun accident majeur. Donc oui, il faut manier tout cela avec précaution, comme c'est le cas pour d'autres stockeurs.

Dans cette économie hydrogène qui émerge, comment se situe la France ?

D. H. Nous sommes dans le peloton de tête, ce qui est très bien. Dans ce peloton, vous avez la Chine, le Japon, la Corée du Sud... En Europe, l'Allemagne et les pays nordiques, surtout la Norvège, sont bien placés aussi. Les États-Unis sont également présents dans ce secteur, mais derrière le Canada. Nous sommes donc bien positionnés, mais attention, les choix stratégiques que nous allons faire maintenant détermineront notre place dans les cinq à dix ans à venir. Or, jusqu'à présent, dans ce secteur, nous avons connu des coups d'accélérateur, comme au début des années 2000 avec pas mal d'argent pour la recherche, puis plus rien. Il est donc

fondamental de planifier l'effort français vers l'hydrogène. Les investissements à faire sont massifs et les industriels n'iront pas sans un minimum de visibilité par rapport aux enjeux politiques, environnementaux, normatifs...

Justement, le 9 septembre dernier, le ministre de l'Économie Bruno Lemaire a présenté le plan français pour le développement de l'hydrogène décarboné. 7 milliards d'euros vont être investis sur dix ans, dont 2 milliards rien que pour les deux prochaines années...

D. H. Ce plan envoie un message clair aux scientifiques comme aux industriels : « on y va ». L'enveloppe de 7 milliards d'euros est significative, nous ne sommes pas sur du saupoudrage. Et pour la première fois, elle concerne l'ensemble de la filière : les industriels, mais aussi, à l'autre bout de la chaîne, la recherche (65 millions d'euros), et la formation professionnelle (35 millions d'euros). Seulement, il faut que cette première impulsion soit confirmée dans les années à venir. Une confirmation à deux niveaux, avec la poursuite des investissements, bien sûr, mais aussi une volonté politique d'accompagner la filière aux niveaux local, national et européen. Pour cela, il faudra un cadre législatif adapté.

Un exemple. Si demain, on décide que les centres-villes ne sont plus accessibles qu'aux véhicules électriques, il faudra bien que les municipalités s'équipent en bus à hydrogène, en bennes à ordures à hydrogène, etc. Si les collectivités achètent massivement des bus à hydrogène, ils deviendront vite très compétitifs d'un point de vue économique par rapport aux bus diesel... C'est ainsi que l'on créera un marché et que, peu à peu, l'utilisation de l'hydrogène se répandra à grande échelle.

Entretien entre Fabrice Nicot (journaliste scientifique au CNRS et Daniel Hissel, médaille de l'innovation 2020 du CNRS,

Document n°2 : Vidéo (4 min 19) – Électrolyse de l'eau et pile à combustible

Source : CEA

<https://www.youtube.com/watch?v=AFZZoMc8PjU>

Document n°3 : Partie d'un TP de Spécialité PC (Ancien Programme) – S.Mercier

Contexte

Les piles à combustibles sont de plus en plus utilisées pour l'alimentation électrique d'équipements dans le domaine des équipements mobiles (téléphones, ordinateurs), du transport (voitures, bateaux, etc.) et du stationnaire (habitations, sites isolés, etc.). Comme leur nom l'indique, ces piles utilisent un « combustible », le dihydrogène étant pour le moment au centre de nombreux essais de développement. Cependant ce gaz, bien qu'abondant sur Terre, notamment dans l'eau, n'existe pas à l'état natif : il est presque toujours associé à un autre élément. Il faut donc le produire.



<https://www.batirama.com/article/12249-l-hydrogene-et-sa-promesse-des-piles-a-combustibles-2-6.html>

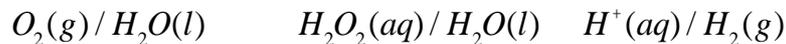
Document n°1 : Histoire de l'électrolyse de l'eau

Le chimiste français Antoine Lavoisier fut le premier à étudier la composition de l'eau, à la fin du XVIII^e siècle, grâce à des expériences sur la combustion du dihydrogène dans l'air. Le 2 mai 1800, quelques semaines après l'invention de la pile par Alessandro Volta, deux chimistes britanniques, William Nicholson et Sir Anthony Carlisle, réalisent la première électrolyse de l'eau. Ils utilisèrent la pile de Volta, reliée à deux électrodes, pour faire débiter un courant électrique dans de l'eau préalablement acidifiée pour la rendre conductrice. Cette expérience leur permit de mettre en évidence les deux composants de l'eau, l'oxygène et l'hydrogène, et confirma les travaux de Lavoisier.

Document n°2 : L'électrolyse.

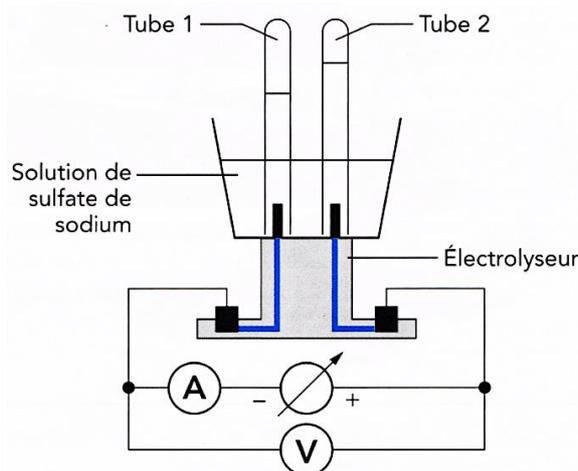
Lorsqu'un générateur est nécessaire pour qu'une réaction d'oxydoréduction ait lieu, il s'agit d'une électrolyse. L'électrolyse est une transformation forcée : le générateur apporte l'énergie nécessaire pour que la réaction ait lieu. Il impose le sens de circulation du courant électrique et des électrons, et donc les lieux de l'oxydation et de la réduction : l'électrode où a lieu l'oxydation est appelée anode, celle où se produit la réduction est la cathode.

Document n°3 : Quelques couples oxydant/réducteur.



Document n°4 : Protocole expérimental de l'électrolyse de l'eau

- ☞ Introduire 200 mL d'une solution aqueuse de sulfate de sodium de concentration molaire en soluté apporté $c(Na_2SO_4) = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ dans la cuve à électrolyse (Cette solution apporte les ions nécessaires au passage du courant sans que ceux-ci soient impliqués dans les transformations réalisées aux électrodes).
- ☞ Remplir à ras bord les éprouvettes graduées de la même solution aqueuse, les boucher avec le pouce, puis les retourner et les glisser délicatement sur les électrodes en laissant 1 cm entre le fond de la cuve et le haut des éprouvettes.
- ☞ Réaliser le reste du montage, régler la tension U sur 12V (circuit ouvert !), le bouton d'intensité tourné en butée à droite puis lancer l'électrolyse en notant la valeur de l'intensité qui circule.
- ☞ Stopper l'électrolyse **exactement** après une durée 5 minutes.
- ☞ Noter les volumes de gaz recueillis dans chaque éprouvette.



Document n°5 : Tests d'identification.

- Au contact de la flamme d'une allumette, le dihydrogène produit une petite explosion au bruit caractéristique : on dit que le dihydrogène « aboie ».
- Le dioxygène ravive la flamme d'une bûchette (cure-dent pour nous) incandescente.

Document n°6 : Energie électrique.

L'énergie électrique se calcule à l'aide de la relation : $W_{\text{électrique}} = U \times I \times Dt$

Avec $W_{\text{électrique}}$ en Wh (« Watt heure »), U en Volts, I en A et Dt en h.

Document n°7 : Le volume molaire.

Dans le cadre du modèle du gaz parfait, le volume occupé par une mole de gaz ne dépend pas de la nature de ce gaz. Le volume molaire dépend uniquement de la pression et de la température : $V_m = \frac{RT}{P}$

Avec : V_m en m^3 , T en K, P en Pa et R la constante des gaz parfaits qui vaut $8,314 \text{ Pa.K}^{-1}m^3.mol^{-1}$.

Questions :

1. Indiquer sur le schéma du montage d'électrolyse (document n°4) le sens conventionnel du courant électrique et le sens de circulation des électrons.

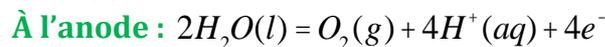
Sur le schéma on indique que les électrons circulent de la borne négative vers la borne positive du générateur. Le courant électrique circule dans l'autre sens, de la borne positive vers la borne négative, c'est une convention.

2. Identifier l'anode (siège d'une oxydation) et la cathode (siège d'une réduction).

À l'anode il se produit une oxydation, c'est à dire qu'il y a libération d'électrons, les électrons partent donc de cette électrode : c'est l'électrode reliée à la borne positive du générateur. À l'inverse lors d'une réduction des électrons sont consommés, les électrons arrivent donc à l'électrode où se produit la réduction, elle est reliée à la borne négative du générateur.

3. Écrire :

- a. Les demi-équations électroniques qui se déroulent à chaque électrode sachant que l'on produit du dihydrogène et du dioxygène.



- b. L'équation de fonctionnement de l'électrolyse de l'eau en faisant le bilan des réactions se déroulant à chacune des 2 électrodes.



4. Quel est le coût de production d'un kilogramme de dihydrogène par électrolyse de l'eau réalisée au laboratoire (**20°C, P = 1015 hPa**) dans le cas où : **U = 12V** et **I = 0,31 A**, pendant une **durée de 5 minutes**, on recueille **12,2 mL** et **6,1 mL** de gaz dans les éprouvettes. ?

Donnée : $M(H) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

D'après l'équation de l'électrolyse on prévoit de recueillir un volume double de dihydrogène par rapport à celui de dioxygène (modèle du gaz parfait, tous les gaz se comportent de la même façon). On a recueilli $V(H_2) = 12,2 \text{ mL}$ de dihydrogène. La masse correspondante est donnée par le volume molaire, il nous faut préalablement déterminer la quantité de matière correspondant au volume recueilli :

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m} = \frac{12,2 \cdot 10^{-3}}{24} = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Soit $m(H_2) = n(H_2) \cdot M(H_2) = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 2 = 10,2 \cdot 10^{-4} \text{ g}$

On calcule ensuite l'énergie électrique que l'on a utilisée (attention à la durée en heures) :

$$W_{elec} = UI\Delta t = 12 \times 0,31 \times \underbrace{0,083}_{5 \text{ min} \rightarrow h} = 0,31 \text{ Wh}$$

Enfin, par proportionnalité on calcule l'énergie nécessaire pour produire 1 kg de dihydrogène :

$$W_{elec1kg} = \frac{1 \times \overbrace{10^3}^{kg \rightarrow g} \times 0,31}{10,2 \times 10^{-4}} = 3,0 \times 10^5 \text{ Wh} = 3,0 \times 10^2 \text{ kWh}$$

EDF facture 0,12€ le kWh aux particuliers soit une facture dans notre cas de :

$$\text{Prix} = 3,0 \cdot 10^2 \cdot 0,12 = 36€ / \text{kg}(H_2)$$

➤ **La grille d'évaluation de votre présentation orale.**

	Très satisfaisant	Satisfaisant	Insuffisant	Très insuffisant
Qualité orale	La voix soutient efficacement le discours. Débit, fluidité, variations et nuances pertinentes, ... Candidat pleinement engagé dans sa parole. Vocabulaire riche et précis	Quelques variations dans l'utilisation de la voix. Prise de parole affirmée. Il utilise un lexique adapté. Le candidat parvient à susciter l'intérêt.	La voix devient plus audible et intelligible au fil de l'épreuve mais demeure monocorde. Vocabulaire limité ou approximatif.	Difficilement audible sur l'ensemble de la prestation. Le candidat ne parvient pas à capter l'attention.
Qualité de la prise de parole en continu	Discours fluide, efficace, tirant pleinement profit du temps et développant ses propositions	Discours articulé et pertinent, énoncés bien construits.	Discours assez clair mais vocabulaire limité et énoncés schématiques.	Énoncés courts, ponctués de pauses et de faux démarrages ou énoncés longs, à la syntaxe mal maîtrisée.
Qualité des connaissances	Connaissances maîtrisées, les réponses aux questions du jury témoignent d'une capacité à mobiliser ses connaissances à bon escient et à les exposer clairement.	Connaissances précises, une capacité à les mobiliser en réponses aux questions du jury avec éventuellement quelques relances.	Connaissances réelles, mais difficulté à les mobiliser en situation à l'occasion des questions du jury.	Connaissances imprécises, incapacité à répondre aux questions, même avec une aide et des relances.
Qualité de l'interaction	S'engage dans sa parole, réagit de façon pertinente. Prend l'initiative dans l'échange. Exploite judicieusement les éléments fournis par la situation d'interaction.	Répond, contribue, réagit. Se reprend, reformule en s'aidant des propositions du jury.	L'entretien permet une amorce d'échange. L'interaction reste limitée.	Réponses courtes ou rares. La communication repose principalement sur l'évaluateur.
Qualité de la construction et de l'argumentation	Maîtrise des enjeux du sujet, capacité à conduire et exprimer et une argumentation personnelle, bien construite et raisonnée.	Démonstration construite et appuyée sur des arguments précis et pertinents.	Début de la démonstration mais raisonnement lacunaire. Discours insuffisamment structuré.	Pas de compréhension du sujet, discours non argumenté et décousu.

- **Fiche méthodologique sur le travail en groupe.**

Le travail en groupe

Quelques compétences sociales à acquérir

1. Écouter et prendre en considération les autres.
2. Prendre des initiatives.
3. Savoir quand il est pertinent de se mettre en avant mais aussi en retrait.
4. Coordonner le travail dans une équipe.
5. Résoudre des conflits.
6. Ne pas abandonner à la moindre difficulté.
7. Être prêt à prendre les responsabilités des autres.
8. Écouter et discuter de toutes les opinions.
9. Savoir gérer un temps imparti.

Les erreurs à ne pas faire si l'on veut réussir à travailler efficacement en groupe

1. Le groupe met du temps à s'installer.
2. Des membres du groupe n'ont pas leur matériel.
3. Le groupe ne se met pas au travail immédiatement et prend rapidement du retard.
4. Chaque membre parle quand il en a envie et personne n'écoute les autres.
5. Un membre du groupe fait tout le travail, les autres sont oubliés. D'autres ne font rien du tout et se contentent de regarder.
6. À la moindre difficulté le groupe appelle l'enseignant.
7. Un seul membre du groupe écrit, les autres ne notent rien et seront incapables de présenter les réponses à l'enseignant.
8. Les membres du groupe se chamaillent entre eux et avec d'autres élèves d'un autre groupe.