

SESSION 2013

AGRÉGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER

Section : PHYSIQUE - CHIMIE

COMPOSITION SUR LA CHIMIE ET LE TRAITEMENT
AUTOMATISÉ DE L'INFORMATION

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

SUJET DE CHIMIE

A l'interface de la chimie avec la physique : la spintronique

Pouvons-nous réduire jusqu'à une très petite échelle les unités susceptibles de stocker l'information ? Cette question n'a cessé d'agiter la communauté scientifique associant chimistes et physiciens depuis la conjecture de Feynman en 1959 « *There is plenty of room at the bottom* » (« Il y a beaucoup d'espace en bas ») ; cet illustre physicien considérait alors qu'il devait être possible de manipuler les atomes un à un, comme briques de construction, et il proposait même d'offrir 1000 \$ à celui qui parviendrait à mettre les informations d'une page de livre à une échelle 25 000 fois plus petite.... A ce jour des millions de documents ont été numérisés et bientôt des bibliothèques entières le seront aussi. Encore très actuel, le défi de la miniaturisation conduit des laboratoires du monde entier à chercher à dépasser les limites de l'électronique en développant, outre l'électronique moléculaire, une technique plus prometteuse la spintronique ; cette électronique de spin exploite une propriété supplémentaire de l'électron, la propriété quantique de spin, et permet d'imaginer des circuits à l'échelle de quelques atomes. Les chimistes contribuent à cette aventure scientifique en synthétisant des matériaux inorganiques (oxydes métalliques) ou métallo-organiques (complexes à ligands organiques) capables de conserver le spin des électrons qui s'y trouvent et de s'auto-assembler en couches minces.

Dans ce sujet, on se propose d'étudier le monde atomique à travers l'élaboration historique des modèles de l'atome et leur construction pédagogique avec les élèves, d'analyser sommairement le principe de la spintronique et d'étudier quelques synthèses et propriétés d'espèces chimiques constituant les matériaux de la spintronique.

Le sujet comporte trois parties indépendantes :

- I. Du collège au lycée : l'évolution du modèle de l'atome
- II. De la chimie quantique à la spintronique
- III. Des matériaux pour la spintronique

Le sujet comporte des questions pédagogiques clairement identifiées dans le sujet par l'abréviation « **QP** » comme par exemple I.4.QP.

L'ensemble des questions pédagogiques représente le tiers du total des points accordés à cette épreuve. Les candidats sont donc vivement invités à consacrer le temps nécessaire en rapport avec l'importance accordée à ces questions. Les réponses apportées doivent être suffisamment **explicites et concises** de façon à mettre en avant les qualités pédagogiques d'un professeur de physique-chimie.

Données

- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- Moment magnétique associé au spin, magnéton de Bohr : $\mu_B = 9,27 \times 10^{-24} \text{ J.T}^{-1}$
- Rayon de Bohr : $a_0 = 51,9 \times 10^{-12} \text{ m}$
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
- Numéro atomique : $Z_{\text{Fe}} = 26$; $Z_{\text{Bi}} = 83$; $Z_{\text{O}} = 8$
- Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $M_{\text{H}} = 1,00$; $M_{\text{C}} = 12,0$; $M_{\text{N}} = 14,0$; $M_{\text{O}} = 16,0$; $M_{\text{Fe}} = 55,8$
- Produit de solubilité à 298 K de $\text{Ce}(\text{OH})_4(\text{s})$: $K_s = 1,3 \times 10^{-50}$
- Potentiels standard à 298 K (les ions considérés sont tous dissous en solution aqueuse) :
 $E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33 \text{ V}$; $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$; $E^0(\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}) = 1,71 \text{ V}$; $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}(\text{s})) = -0,760 \text{ V}$;
 $E_{\text{ECS}}^0 = 0,244 \text{ V}$ (E.C.S = électrode au calomel saturée en $\text{KCl}(\text{s})$)
 $E^0([\text{Fe}(\text{phen})_3]^{3+}(\text{bleu})/[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}(\text{rose})) = 1,04 \text{ V}$, *phen* = orthophénantroline
- A 298 K, on prendra $\frac{RT}{F} \ln(x) = 0,06 \lg(x)$ en V
- Données utiles à la spectroscopie RMN du proton et à la spectroscopie IR :

Spectroscopie Infrarouge

Liaison	Type de composé	Nb d'onde (cm^{-1})	Intensité	Liaison	Type de composé	Nb d'onde / cm^{-1}	Intensité
O-H	alcool libre	3580 - 3670	variable, aiguë	C=O	ester	1735 - 1750	forte
O-H	alcool associé	3200 - 3400	forte, large	C=O	aldéhyde, cétone	1650 - 1730	forte
C-H	alcyne	3300	forte	C=O	acide carboxylique	1680 - 1710	forte
N-H	amine primaire : 2 bandes amine secondaire : 1 bande	3100 - 3500	moyenne	C=O	amide	1650 - 1700	forte
C-H	alcène	3010 - 3100	moyenne	C=N	imine	1640 - 1690	moyenne
C-H	aromatique	3030 - 3080	moyenne	C=C	alcène	1620 - 1680	variable
C-H	alcane	2800 - 2960	forte	N-H	amine, amide	1560 - 1640	moyenne
C-H	aldéhyde	2750 - 2900	moyenne	C=C	aromatique	1450 - 1600	3 ou 4 bandes
O-H	acide carboxylique	2500 - 3200	variable, large	C-H	CH_3	1370 - 1390	forte, 2 bandes
C≡N	nitrile	2120 - 2260	variable	C-O	éther	1070 - 1250	forte
C≡C	alcyne	2100 - 2250	variable	C-C	alcane	1000 - 1250	forte

Spectroscopie RMN du ^1H (R : groupe aliphatique ; Ar : noyau aromatique)

H concerné (en gras)	δ (ppm) plage indicative	H concerné (en gras)	δ (ppm) plage indicative
ROH	0,5 - 6	R-CH ₂ -OH	3,3 - 4,0
RNH ₂	0,8 - 1,8	R-CH ₂ -OR	3,3 - 3,9
R-CH ₃	0,9 - 1,3	Ar-OH	4,5 - 12
R-CH ₂ -R'	1,2 - 1,6	R ₂ C=CH ₂	4,6 - 5,0
R ₂ N-CH ₃	2,2 - 3,4	R ₂ C=CH-R	5,2 - 5,7
Ar-CH ₃	2,2 - 2,5	Ar-H	6,8 - 8,5
Ar-CH ₂ -R	2,3 - 2,8	RCHO	9 - 10

I. Du collège au lycée : l'évolution du modèle de l'atome

Dans la quête de la compréhension du monde, les scientifiques élaborent des théories et des modèles pour rendre compte des phénomènes qu'ils étudient. La formation scientifique donnée aux élèves, du collège au lycée, s'attache à leur faire comprendre les liens entre les faits, les modèles et les théories scientifiques. L'interprétation d'expériences réalisées en classe ou d'expériences historiques amène l'enseignant à construire progressivement un modèle de l'atome, à montrer son efficacité dans sa capacité à prédire et ses limites dans son incapacité à rendre compte de certains faits qui nécessitent alors de le faire évoluer.

I.1.QP. Une expérience classiquement présentée en classe de quatrième pour travailler sur la modélisation de la matière est celle du mélange de deux gaz dont l'un est coloré.



photographie 1



photographie 2



photographie 3

Proposer une activité permettant de faire travailler les élèves sur le modèle particulaire, en précisant :

- la (ou les) situation(s) de départ représentée(s) sur les photos ci-dessus,
- les connaissances mobilisées sur le modèle particulaire et celles qui pourraient être construites,
- les productions attendues des élèves.

I.2.QP. Compléter le tableau figurant en **annexe 1** (à rendre avec la copie) pour donner une vision synthétique de l'évolution du modèle de l'atome construit de la classe de quatrième à la classe de première S. Des extraits de BOEN sont donnés en annexe 5.

I.3.QP. La mise en perspective historique étant recommandée dans tous les préambules des programmes, les professeurs proposent très souvent à leurs élèves de troisième ou de seconde de réaliser une frise chronologique sur laquelle figure les siècles, les schémas des modèles des atomes et les noms, (photos ou portraits) des savants les ayant élaborés. A partir de vos connaissances, représenter une frise historique la plus complète possible sur le sujet.

I.4. Un manuel scolaire de seconde propose l'exercice ci-dessous :

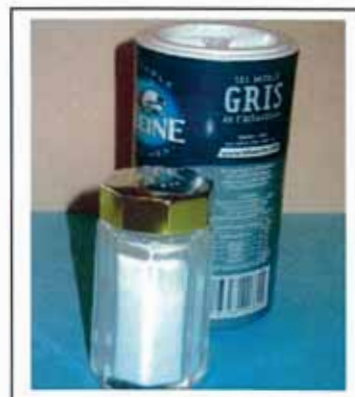
Des ions dans nos aliments

Le sel de table que nous consommons dans notre alimentation est indispensable à l'organisme, en quantités limitées.

C'est en réalité du chlorure de sodium, un solide ionique.

1. Donner la structure électronique de l'atome de sodium, de noyau ${}^{23}_{11}\text{Na}$, et de l'atome de chlore, de noyau ${}^{35}_{17}\text{Cl}$.

2. En déduire la formule des ions sodium et chlorure que nous ingérons.



I.4.1.QP. Quelle méthodologie peut-on donner aux élèves pour répondre aux deux questions posées ?

I.4.2.QP. Quelles sont les compétences visées par cet exercice ?

I.5. En 1885, Anders Jonas Ångström, astronome et physicien suédois, pionnier dans l'étude des spectres, identifie quatre raies dans le spectre visible de l'hydrogène, de longueurs d'onde : 656,2 nm, 486,1 nm, 434,0 nm et 410,1 nm (figure 1).

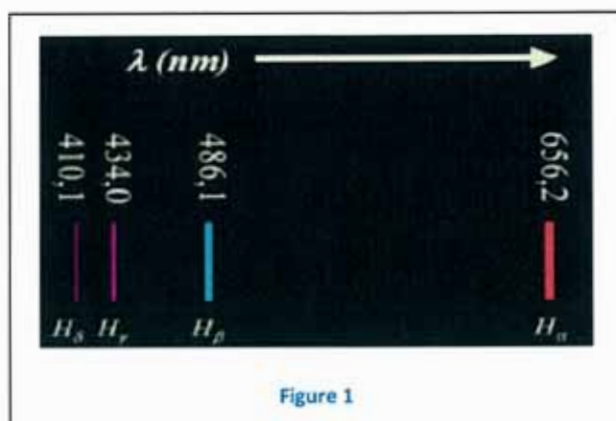


Figure 1

Johann Jakob Balmer, physicien et mathématicien suisse, établit alors empiriquement que ces quatre longueurs d'onde λ peuvent s'exprimer par la formule : $\frac{1}{\lambda} = G \frac{n^2 - 4}{n^2}$ avec $n > 2$.

Cette formule, généralisée en 1888 sous la forme $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ par Walter Ritz et Johannes Rydberg, a été validée expérimentalement par la découverte de nouvelles raies d'émission de l'hydrogène dans le domaine de l'ultraviolet. Dans cette relation, p est un entier (indice de la série) et n un entier (indice de la raie) avec $n > p$.

I.5.1. A partir de la formule établie par Balmer, attribuer les valeurs de n ($n = 3, 4, 5, 6$) aux quatre raies du spectre visible de l'hydrogène en explicitant la démarche.

I.5.2. Montrer que la constante de Rydberg R_H est égale à $4G$ et déterminer la valeur de cette constante.

I.5.3. Dédire de ce qui précède que l'énergie E_n des différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène est donnée par la relation : $E_n(\text{eV}) = -\frac{13,6}{n^2}$ avec $n \in \mathbb{N}^*$.

I.5.4. Définir l'énergie d'ionisation d'un atome et déterminer sa valeur pour l'atome d'hydrogène.

I.5.5.QP. Comment expliquer à des élèves de première S, que cette étude spectroscopique a permis de faire évoluer le modèle de l'atome ?

Le physicien danois Niels Bohr propose en 1913 une première théorie permettant d'interpréter l'existence des raies d'absorption et d'émission. Pour cela, il utilise le modèle planétaire de l'atome adopté à l'époque et quantifie le moment cinétique de l'électron, ce qui lui permet de justifier la formule expérimentale de Balmer. Cependant, ce modèle ne permettant pas d'expliquer le spectre des atomes autres que l'hydrogène et la structure hyperfine des raies de l'hydrogène mise en évidence par Zeeman, la théorie de Bohr est mise en défaut. En 1925, l'avènement de la théorie quantique et l'équation de Schrödinger donnent une nouvelle approche du modèle de l'atome.

II. De la chimie quantique à la spintronique.

La résolution de l'équation de Schrödinger permet de déterminer la fonction d'onde $\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi)$ associée à l'électron de l'atome d'hydrogène, (r, θ, φ) étant les coordonnées sphériques. Cette fonction peut s'écrire sous la forme : $\psi_{n,l,m} = R_{n,l}(r) \cdot Y_{l,m}(\theta, \varphi)$, $R_{n,l}(r)$ étant la partie radiale et $Y_{l,m}(\theta, \varphi)$ la partie angulaire.

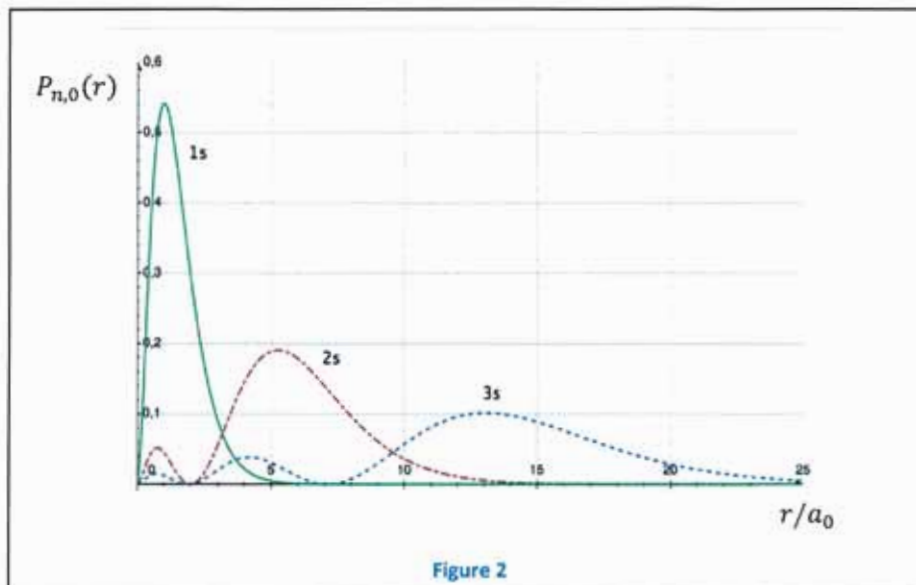
II.1. Indiquer à quoi correspondent les indices n, l, m .

II.2. On donne les expressions mathématiques des parties radiales des fonctions d'onde $1s$ et $2s$:

$$R_{1,0} = A e^{-r/a_0} \text{ et } R_{2,0} = A' (2 - r/a_0) e^{-r/2a_0}$$

Justifier les indices dans la notation $R_{1,0}$ et $R_{2,0}$.

II.3. On appelle densité de probabilité radiale $P_{n,0}(r)$, la quantité $4\pi r^2 [R_{n,0}(r)]^2$. La figure 2 donne les courbes représentant l'évolution de $P_{n,0}(r)$ en fonction de r/a_0 pour $n = 1, 2$ et 3 .



II.3.1.QP. Comment utiliser la courbe $P_{1,0}(r)$ pour expliquer à des élèves la différence existant entre le modèle classique (modèle de Bohr) et le modèle quantique de l'atome d'hydrogène. Quel schéma simplifié de l'atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, peut-on donner pour le modèle quantique ?

II.3.2. A quoi correspondent les maxima des courbes $n = 1, 2$ et 3 ?

II.4. Pour décrire le comportement des électrons des atomes, la fonction d'onde $\psi_{n,l,m}$ seule ne suffit pas, il faut lui adjoindre le spin. La genèse de ce concept au début du XX^{ème} siècle a été d'autant plus difficile que ce moment cinétique intrinsèque n'a pas d'équivalent en mécanique classique. Pour l'électron, le spin est égal à $\frac{\hbar}{2}$.

II.4.1. Quelles sont les deux valeurs que peut prendre m_s , le nombre quantique de spin ?

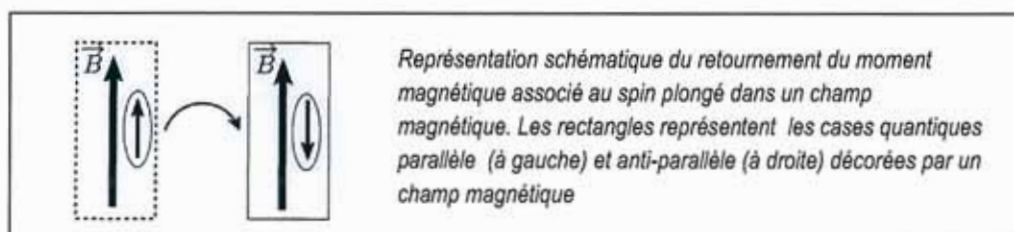
II.4.2. Représenter symboliquement un électron dans chacun des deux états de spin appelés « up » et « down ».

II.5. Alors que l'électronique actuelle repose sur la charge électrique de l'électron, la spintronique exploite la propriété quantique du spin de l'électron.

II.5.1. Un chercheur français a été colauréat du prix Nobel de physique en 2007 pour ses travaux sur la magnétorésistance géante (Giant Magneto Resistance GMR) en lien avec la spintronique. Quel est le nom de ce chercheur ?

II.5.2. Considérons un électron $1s$ placé dans un champ magnétique extérieur $\vec{B}$ de direction verticale.

Formellement, l'état (ou la case quantique) $1s$ éclate en deux états (ou cases) d'énergies différentes. Nous parlerons de « décoration » d'une case quantique par le champ magnétique extérieur résultant en une case parallèle et une case anti-parallèle.



Si μ_B , magnéton de Bohr, désigne la valeur du moment magnétique associé au spin de l'électron, déterminer l'énergie de retournement E_{flip} (en eV) pour passer de la situation parallèle à la situation anti-parallèle, la valeur B du champ magnétique étant égale à 1 tes/a.

Finalement, un champ magnétique interagissant avec le spin de l'électron est susceptible de différencier les mouvements d'électrons « up » et « down » au sein d'un matériau.

II.5.3. **QP.** Le document en **annexe 2** décrit un modèle simple de la magnétorésistance géante et de sa principale application. Deux compétences occupent une place centrale en terminale S : « extraire » et « exploiter ».
Proposer un exemple de texte attendu des élèves auxquels aurait été donnée la consigne suivante : écrire un texte comportant au maximum quinze lignes expliquant les termes "vanne de spin" et "spintronique".

III. Les matériaux pour la spintronique.

Les premiers matériaux utilisés en spintronique, dans les années 1995, étaient des multicouches alternant un métal ferromagnétique et un métal non magnétique, par exemple fer/cobalt ou fer/cuivre. Les avancées technologiques en matière de croissance de films minces d'oxydes ont favorisé le développement de recherches sur les oxydes ferromagnétiques comme CoFe_2O_4 et multiferroïques comme BiFeO_3 plus efficaces pour le filtrage de spin que les métaux magnétiques. Enfin, comme dans le domaine de l'électronique moléculaire, celui de la spintronique moléculaire recherche des espèces chimiques possédant de bonnes propriétés magnétiques. Sont explorées actuellement de nombreuses voies de synthèse de complexes métalliques à base d'ions de métaux de transition ou de lanthanides et de ligands organiques ; parmi les complexes étudiés, nombre d'entre eux comportent plusieurs ions métalliques et leurs assemblages forment des « clusters ».

III.1. Les métaux magnétiques et non magnétiques des multicouches.

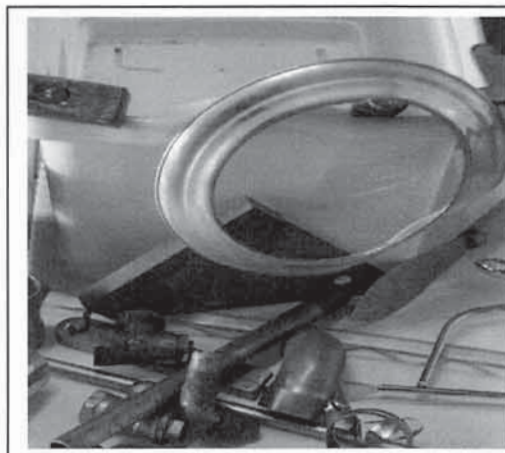
III.1.1. Les métaux sont étudiés en classe de troisième. Un professeur distribue à ses élèves de troisième des caisses remplies d'objets métalliques divers et leur propose l'activité suivante :

« Chez le ferrailleur »

Le ferrailleur vous propose de prendre le contenu de votre caisse pour 5 euros.

Vous devez savoir si vous faites affaire avec lui ou non !
Expliquez à l'écrit comment parvenir à identifier les métaux.

Etablir une pré-facture détaillée pour votre paiement.



III.1.1.1. **QP.** Quelles compétences peuvent être évaluées lors de cette activité ?

III.1.1.2. **QP.** Quelles aides peuvent être apportées à des élèves rencontrant des difficultés ?

III.1.2. **QP.** Nommer les différentes familles de métaux. Placer ces familles et quelques éléments de ces familles dans la classification périodique donnée en **annexe 3** (à rendre avec la copie).

III.1.3. Donner la configuration électronique des atomes de fer et de cobalt.

III.1.4. Le fer α cristallise en adoptant la structure cubique centrée (cc).

III.1.4.1. Faire un schéma de la maille élémentaire et établir la relation donnant le paramètre de la maille a en fonction du rayon R de l'atome de fer.

III.1.4.2. Déterminer la compacité de la maille et conclure.

III.2. Les oxydes ferromagnétiques et multiferroïques.

III.2.1. Quels sont les ions monoatomiques courants du fer, du cobalt, de bismuth et de l'oxygène ?

III.2.2. Dans l'oxyde multiferroïque BiFeO_3 , quel est le degré d'oxydation de l'ion fer ?

III.2.3. Dans l'oxyde magnétique CoFe_2O_4 , étudier les différents degrés d'oxydation possibles du fer.

III.2.4. La minette de Lorraine est un minerai constitué en partie d'hématite ou oxyde de fer(III) Fe_2O_3 . On se propose de déterminer de deux manières différentes la teneur en fer dans la minette de Lorraine.

III.2.4.1. Protocole donné à des olympiades régionales de la chimie.

Pour faciliter sa pesée et sa mise en solution, l'échantillon de minette de Lorraine a été finement broyé. Il a été, par ailleurs, séché à l'étuve pendant plusieurs jours.

Etape 1 : mise en solution

- Peser, exactement, une masse m de minette de Lorraine de l'ordre de 0,120 à 0,130 g directement dans un erlenmeyer. Noter cette valeur pour vos calculs ultérieurs.
- Ajouter 25 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à 6 mol.L⁻¹.
- Chauffer à « douce ébullition » jusqu'à dissolution complète du minerai.
- L'élément fer se trouve alors essentiellement sous forme d'ions Fe^{3+} .
- Laisser refroidir (au besoin sous un filet d'eau). On obtient la solution S_1 .

Etape 2 : réduction des ions Fe^{3+} : le titrage de l'élément fer se faisant à partir d'ions Fe^{2+} , les ions Fe^{3+} sont préalablement réduits par le zinc métal.

- Ajouter par petites quantités, environ 2 g de zinc métal à la solution S_1 , tout en agitant.
- Tout le zinc doit disparaître ainsi que la coloration des ions Fe^{3+} . Eventuellement, ajouter une petite quantité de zinc si la décoloration n'est pas parfaite. On obtient la solution S_2 .

Etape 3 : titrage des ions Fe^{2+} : le titrage est réalisé par une solution de dichromate de potassium de concentration molaire $\frac{1}{120}$ mol.L⁻¹, en milieu acide et en présence de diphénylaminésulfonate de baryum comme indicateur coloré.

- A la solution S_2 , ajouter 20 mL d'acide sulfurique de concentration molaire 1 mol.L⁻¹, 5 mL d'acide phosphorique commercial et 10 gouttes d'indicateur.
- Ajouter, à l'aide d'une burette graduée, la solution de dichromate de potassium, la solution prend progressivement une teinte verte. L'équivalence est observée lors du passage du vert au violet très foncé. La teinte violette apparaît au cours du titrage et disparaît très vite. Ajouter très lentement la solution de dichromate de potassium au voisinage de l'équivalence.
- Noter le volume V_E de solution de dichromate de potassium versé à l'équivalence.

III.2.4.1.a. En les justifiant, écrire les équations des réactions mises en jeu au cours des étapes 1, 2 et 3.

III.2.4.1.b. Déterminer, en explicitant votre raisonnement, la teneur massique en fer de ce minerai lorrain. Pour un échantillon de masse $m = 0,122$ g, le volume obtenu à l'équivalence est $V_E = 17,5$ mL.

III.2.4.2. Protocole de titrage potentiométrique à courant nul.

Les étapes 1 et 2 sont reconduites en partant d'une masse de minerai $m = 0,123$ g. Le volume de la solution S_2 obtenue est ajusté dans une fiole jaugée à 100,0 mL. Un volume $V = 10,0$ mL de la solution obtenue est prélevé, puis titré par une solution de sulfate de cérium(IV) de concentration molaire $C_{ox} = 0,0050$ mol.L⁻¹. Ce titrage est suivi par potentiométrie à courant nul et la courbe donnant la différence de potentiel ΔE en fonction du volume V_{ox} de la solution de sulfate de cérium(IV) versé est représentée en figure 3.

III.2.4.2.a. Faire un schéma du dispositif expérimental sachant qu'une des électrodes utilisées est une électrode au calomel saturée. Préciser la nature de la deuxième électrode et justifier son choix.

III.2.4.2.b. Expliquer ce qu'on entend par potentiométrie à courant nul.

III.2.4.2.c. Expliquer, par un calcul simple, pourquoi la solution de sulfate de cérium(IV) est préparée en milieu acide sulfurique concentré.

III.2.4.2.d. Déterminer la concentration molaire C_{red} en ions Fe^{2+} dans la solution étudiée et en déduire la teneur en fer du minerai lorrain.

III.2.4.2.e. Le titrage potentiométrique à courant nul peut être remplacé par un titrage colorimétrique utilisant comme indicateur coloré, la ferroïne ou orthophénantroline de fer(II). Expliquer le principe de ce titrage et le changement de couleur attendu.

III.2.4.2.f. Les expressions de la différence de potentiel ΔE , avant et après l'équivalence, s'écrivent en fonction de C_{ox} , C_{red} , V_{ox} , V et des potentiels standard.

Montrer que ces expressions sont celles écrites ci-dessous, en précisant ce que représentent les potentiels standard E_1^0 et E_2^0 .

$$\Delta E = E_1^0 - E_{ECS} + 0,06 \cdot \lg \frac{C_{ox} \cdot V_{ox}}{C_{red} \cdot V - C_{ox} \cdot V_{ox}} \quad \text{et} \quad \Delta E = E_2^0 - E_{ECS} + 0,06 \cdot \lg \frac{C_{ox} \cdot V_{ox} - C_{red} \cdot V}{C_{red} \cdot V}$$

III.2.4.2.g. Déterminer, à l'aide de la courbe tracée expérimentalement et représentée figure 3, les valeurs des potentiels standard des deux couples d'oxydoréduction mis en jeu et les comparer aux valeurs tabulées. Conclure simplement quant aux écarts observés.

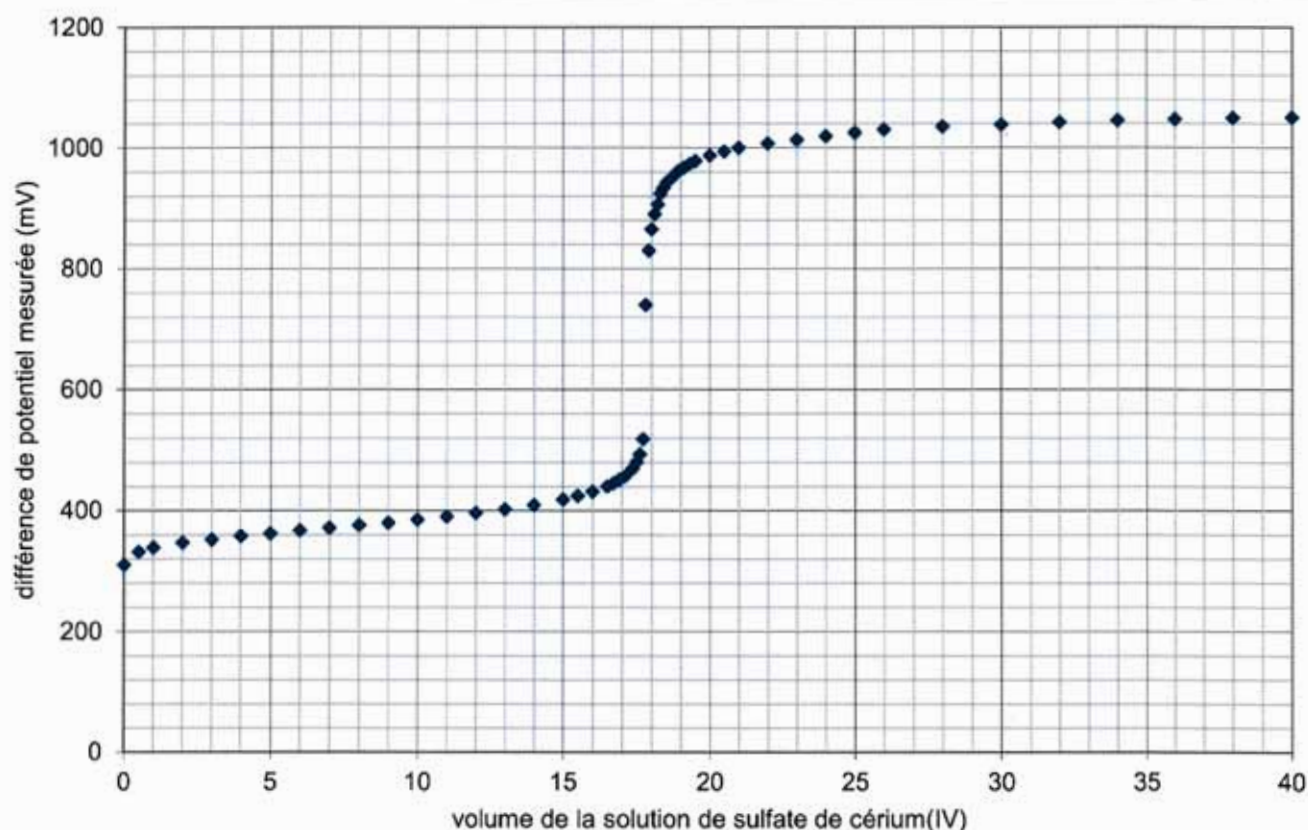


figure 3

III.3 Les complexes de la spintronique moléculaire.

Dans cette partie sont étudiées deux voies de synthèse de complexes comportant un ion central de fer(II) et des ligands atranes. Le ligand atrane est très utilisé en chimie de coordination car il possède la propriété de complexer aussi bien des ions métalliques comme le fer, le vanadium ou encore le cuivre, que des non métaux comme le phosphore, le bore ou le silicium. Ce ligand conduit ainsi à des complexes présentant des propriétés remarquables, en particulier pour la spintronique moléculaire.

III.3.1. Le programme de terminale S (*annexe 5*) aborde les grandes catégories de réaction de la chimie organique et la notion de mécanisme réactionnel.

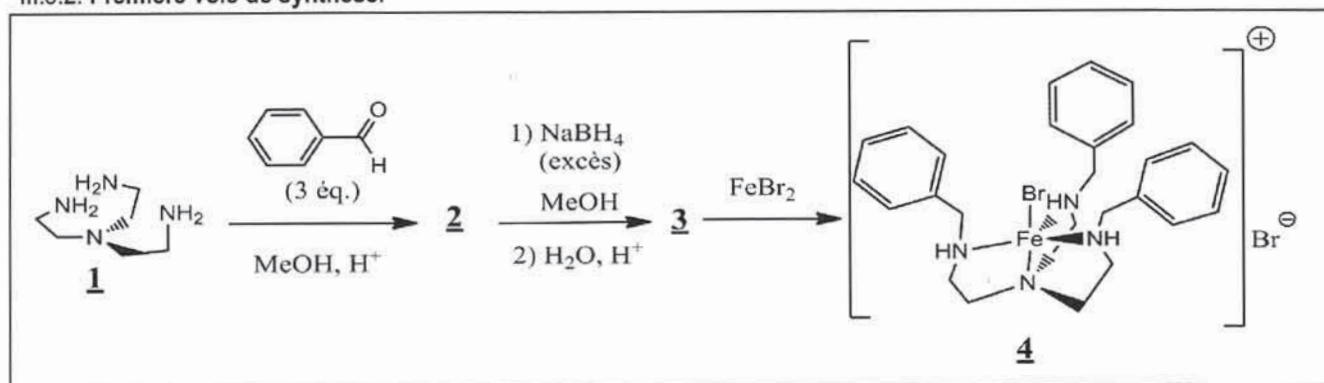
III.3.1.1.QP. Proposer aux élèves un exemple concret illustrant chacune des catégories de réaction en précisant les conditions expérimentales.

III.3.1.2.QP. Proposer une démarche permettant aux élèves d'identifier un site donneur ou un site accepteur dans une molécule.

III.3.1.3. Sur l'exemple de la réaction de nitration du toluène (méthylbenzène), identifier l'électrophile et proposer un mécanisme réactionnel permettant de justifier l'orientation de la mono-nitration.

III.3.1.4.QP. Le document donné en *annexe 4*, à rendre avec la copie, propose deux mécanismes réactionnels extraits d'une copie d'élève. Identifier les mécanismes réactionnels abordés et les erreurs éventuellement commises par cet élève. Proposer un corrigé précis de la copie avec d'éventuels conseils à donner à l'élève.

III.3.2. Première voie de synthèse.



III.3.2.1 Donner la formule semi-développée du composé 2.

III.3.2.2 Quel est le nouveau groupe caractéristique formé ?

III.3.2.3 En utilisant des formules simplifiées, proposer un mécanisme réactionnel expliquant la formation du composé 2.

III.3.2.4 Les auteurs de ce travail ont caractérisé le composé 2 par spectroscopie RMN du proton (300 MHz, CDCl₃). Les signaux obtenus sont les suivants :

Déplacements chimiques δ (ppm)	Multiplicité du signal	Intégration	Constante de couplage J (Hz)
2,94	triplet	6H	6,5
3,70	triplet	6H	6,5
7,38	multiplet	9H	
7,52	doublet	6H	6,6
8,1	singulet	3H	

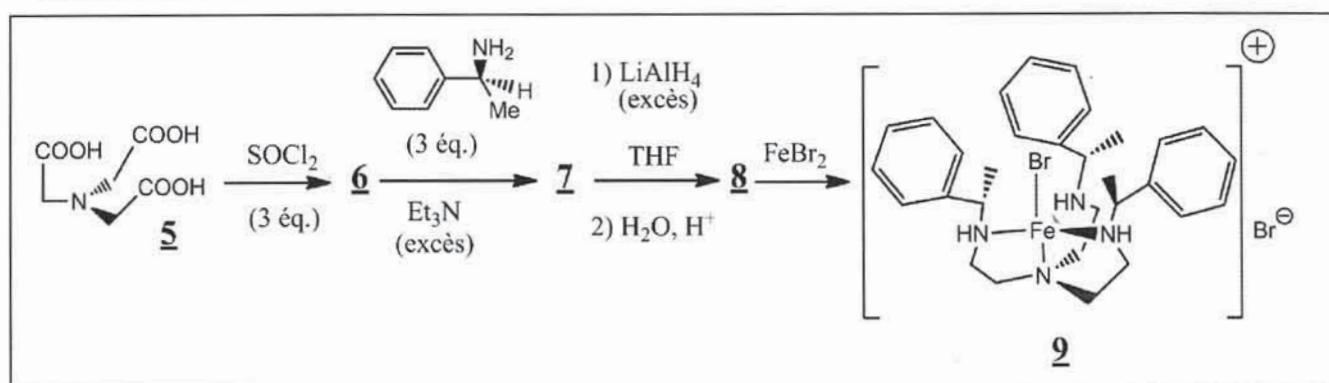
III.3.2.4.a. Pourquoi les auteurs ont-ils utilisé le solvant CDCl₃ pour effectuer le spectre RMN ?

III.3.2.4.b. Interpréter le spectre RMN du composé 2.

III.3.2.5 En utilisant des formules simplifiées, proposer un mécanisme pour la formation du composé 3.

III.3.2.6. Le suivi en spectroscopie infra-rouge du passage du composé 2 au composé 3 montre la disparition de la bande d'absorption à 1660 cm⁻¹ et l'apparition d'une bande d'absorption à 3300 cm⁻¹. Interpréter l'évolution du spectre infra-rouge.

III.3.3. Seconde voie de synthèse.



III.3.3.1. Donner la formule semi-développée du composé 6.

III.3.3.2. Proposer un autre réactif permettant d'effectuer la transformation de 5 en 6.

III.3.3.3. Nommer, en nomenclature officielle, l'amine aromatique utilisée lors de la transformation de 6 en 7. Préciser sa configuration absolue.

III.3.3.4. En utilisant des formules simplifiées, proposer un mécanisme expliquant la formation du composé **7**. Quel est le rôle de la triéthylamine ?

III.3.3.5. Donner la formule semi-développée du composé **7**.

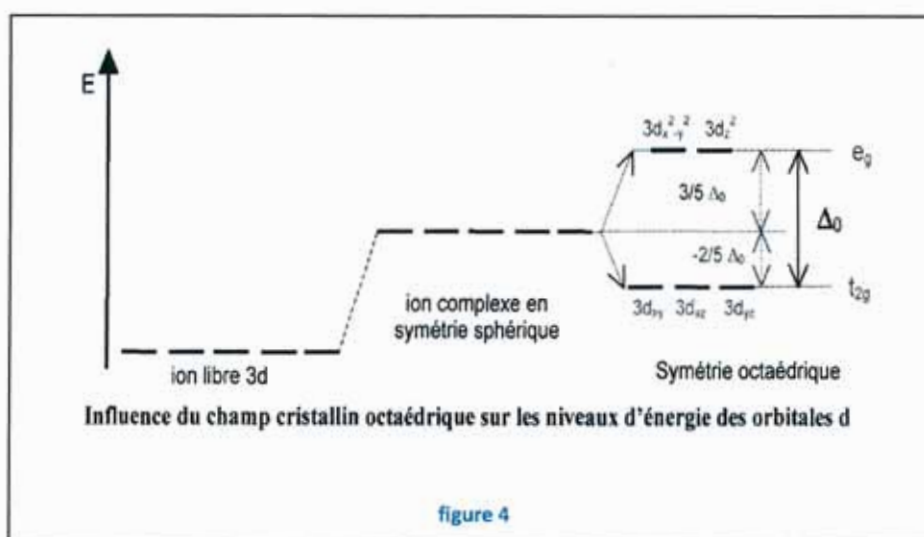
III.3.3.6. Donner la formule semi-développée du composé **8**, en précisant sa stéréochimie.

III.3.4 Complexes et spin

Dans cette partie, on s'intéresse aux ions fer(II) et fer(III) qui forment des ions complexes susceptibles d'être utilisés dans les applications de la spintronique.

Les ions fer(II) et fer(III) s'entourent de 6 ligands dans un environnement octaédrique. Cet environnement conduit à une levée de dégénérescence des niveaux $3d$ du fait d'interactions différentes entre les différents types d'orbitales $3d$ et les ligands. Δ_o représente l'éclatement du champ cristallin octaédrique, c'est-à-dire la différence énergétique entre le niveau e_g et le niveau t_{2g} .

Le schéma de la figure 4 représente le diagramme d'énergie des orbitales $3d$ avant et après la levée de dégénérescence dans le champ cristallin.



III.3.4.1. Donner les nombres n d'électrons dans la couche $3d$ des ions fer(II) et fer(III).

III.3.4.2. Deux états, dits « bas spin » (BS) et « haut spin » (HS) sont possibles. Pour chacun des deux ions, représenter les diagrammes d'énergie HS et BS, en déduire les valeurs s_1 et s_2 du nombre de spin total de chaque état et leur attribuer les qualificatifs diamagnétique ou paramagnétique.

III.3.4.3. La grandeur notée P représente l'énergie de répulsion de deux électrons placés dans une même orbitale $3d$.

III.3.4.3.a. Pour chacun des deux ions complexes, exprimer, en fonction de Δ_o et de P , la différence d'énergie $\Delta E = E(HS) - E(BS)$ entre les deux états HS et BS. Conclure.

III.3.4.3.b. A quelle condition sur P et Δ_o , l'état électronique BS du complexe de fer(II) est-il le plus stable ?

III.3.4.4. En modifiant l'environnement chimique d'un ion Fe^{2+} , une transition entre les deux états électroniques BS et HS est susceptible d'intervenir. Dans la suite du problème, on considère des ions Fe^{2+} complexés chacun par 3 ligands bidentates.

III.3.4.4.a. Que signifie le qualificatif « bidentate » ? Illustrer le propos en prenant comme exemple l'éthylènediamine notée (en).

III.3.4.4.b. Faire un schéma de l'ion complexe $[Fe(en)_3]^{2+}$ et montrer qu'il existe sous la forme de deux énantiomères.

III.3.4.4.c.. Citer une technique expérimentale qui permettrait de distinguer ces deux énantiomères.

III.3.4.5. A l'état solide, chaque ion complexe peut se trouver soit dans l'état BS, soit dans l'état HS. L'équation de la réaction de transition entre ces deux états s'écrit : $BS = HS$. Une solution solide comporte donc un mélange d'ions complexes BS et HS à l'équilibre.

III.3.4.5.a. On rappelle que s_1 et s_2 désignent les valeurs du nombre de spin total respectivement dans les états *BS* et *HS*. Par analogie avec la quantification du moment orbital dans l'atome, indiquer le nombre de projections possibles pour un spin total s_1 ou s_2 . On notera Ω_1 et Ω_2 ces valeurs respectivement pour s_1 et s_2 .

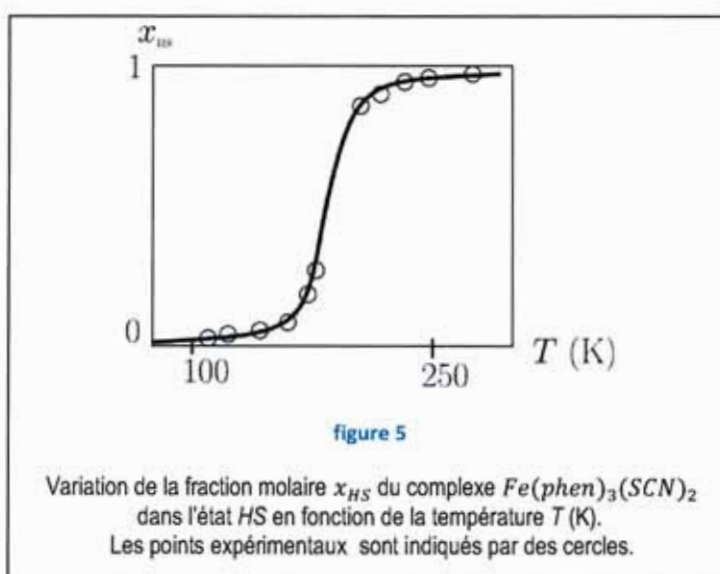
III.3.4.5.b. En thermodynamique statistique, on montre que l'entropie S s'écrit $S = R \cdot \ln(\Omega)$. Montrer que le changement de spin lors de la réaction de transition de l'état *BS* vers l'état *HS* s'accompagne d'une contribution à la variation d'entropie de réaction $\Delta_r S^0 = R \cdot \ln(5)$ et déterminer numériquement sa valeur.

III.3.4.5.c. A pression constante, les fractions molaires des ions complexes dans l'état *BS* et dans l'état *HS* peuvent-elles être déterminées si on fixe la température ? Justifier.

III.3.4.5.d. Synthétisé au milieu des années 1960, le complexe $Fe(phen)_3(SCN)_2$ est l'un des premiers complexes qui a permis d'étudier la transition *HS* = *BS*. La figure 5 donne la variation de la fraction molaire x_{HS} des ions complexes dans l'état *HS* en fonction de la température T .

Déterminer graphiquement la température $T_{1/2}$ pour laquelle le nombre de complexes dans l'état *BS* est égal au nombre de complexes dans l'état *HS*.

III.3.4.6.e. L'enthalpie standard de la réaction de transition *HS* = *BS* à la température $T_{1/2}$ vaut $\Delta_r H^0 = 8,75$ kJ/mol. En utilisant le résultat de la question précédente, déterminer l'entropie standard $\Delta_r S_{\text{expérimentale}}^0$ de la réaction de transition *BS* = *HS* à la température $T_{1/2}$.



III.3.4.6.f. On signale une augmentation des longueurs de liaison Fe-N lors de la transition de l'état *BS* vers l'état *HS*. A partir de cette observation, justifier le fait que $\Delta_r S_{\text{expérimentale}}^0$ soit supérieure à $\Delta_r S^0$.

Fin de l'énoncé

ANNEXE 1

(A rendre avec la copie)

Evolution des modèles de l'atome de la classe de 4^{ème} à la classe en 1^{ère} S

Niveaux d'enseignement	Expériences élèves ou expériences historiques	Modèle de l'atome	Schéma ou représentation symbolique associé
4 ^{ème}	Etats de la matière, diffusion des gaz, mélanges	Modèle particulaire Molécule	+ O x
4 ^{ème}		Sphère dure	

ANNEXE 2

La magnétorésistance géante GMR

1. Fonctionnement d'un disque dur.

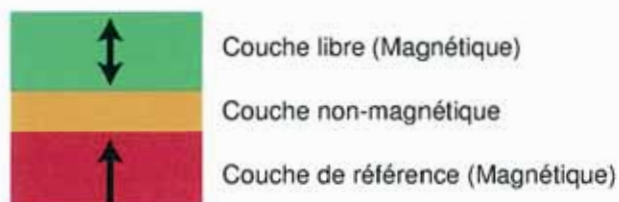
Un disque dur est composé de plusieurs parties, dont deux nous intéressent principalement ici : un disque recouvert d'un matériau magnétique et un bras capable de se déplacer au-dessus. Ce bras est équipé d'une tête d'écriture, servant à l'écriture des données sur le disque, et d'une tête de lecture, servant à la lecture des données inscrites sur le disque.

Dans un disque dur, les données sont stockées sous forme de bits binaires pouvant prendre la valeur 0 ou 1. Chaque bit correspond à une zone de quelques nanomètres de diamètre du matériau magnétique recouvrant le disque. La valeur d'un bit d'information est codée par la direction de l'aimantation dans cette zone. Une aimantation est similaire à l'aiguille d'une boussole avec, néanmoins, une différence majeure : le matériau magnétique est conçu pour que son aimantation ne puisse pointer que dans deux directions opposées, haut et bas par exemple. Ainsi, une aimantation pointant vers le haut codera, par exemple, pour un 1 et une aimantation pointant vers le bas codera pour un 0.

En 1988, le phénomène de magnétorésistance géante est découvert conjointement par deux laboratoires, un français et un allemand. A partir de 1997 et au bout de quelques années de développement seulement, toutes les têtes de lecture des disques durs vont fonctionner sur le principe de la magnétorésistance géante qui est beaucoup plus sensible aux champs magnétiques et qui permet donc de diminuer la taille des zones nécessaires au stockage des bits d'information.

2. La magnétorésistance géante (GMR)

La magnétorésistance géante peut s'observer en faisant circuler un courant électrique à travers une structure composée de deux couches magnétiques séparées par une couche non-magnétique. Les épaisseurs de ces couches ne peuvent pas dépasser la dizaine de nanomètres pour une raison qui sera évoquée à la toute fin de ce document.



Les deux couches magnétiques sont conçues pour avoir une aimantation ne pouvant pointer que dans deux directions opposées : haut et bas, par exemple. Une de ces deux couches est conçue pour pouvoir retourner son aimantation à champ magnétique faible alors que l'autre ne peut la retourner que pour des champs magnétiques plus élevés.

La couche non-magnétique est soit conductrice, on parle alors de vannes de spin, soit isolante, on parle alors de jonctions tunnels magnétiques. Le principe de la magnétorésistance géante est le même dans les deux cas. Seul diffère le mode de conduction du courant entre les deux systèmes : conduction « classique » dans les vannes de spin et conduction par effet tunnel dans les jonctions tunnels magnétiques.

Le phénomène de magnétorésistance géante peut se résumer ainsi : la résistance d'une telle structure dépend de l'orientation relative des aimantations des deux couches magnétiques. Si les deux aimantations pointent dans la même direction (configuration dite parallèle), alors la résistance de la structure est faible. Au contraire, si les deux aimantations pointent dans des directions opposées (configuration dite antiparallèle), alors la résistance de la structure est élevée.

L'application d'un champ magnétique permet de contrôler la direction de l'aimantation de ces couches et de passer d'une configuration parallèle à une configuration antiparallèle ou vice-versa. Ce changement de configuration s'accompagne d'une variation mesurable de la résistance électrique de la structure.

3. Un modèle simple de la magnétorésistance géante.

La magnétorésistance géante est liée à l'influence du spin des électrons sur la conduction du courant électrique dans un matériau magnétique. En électronique classique, la conduction est uniquement contrôlée par la charge de l'électron. L'électronique de spin, dont la magnétorésistance géante est la première application, utilise également les propriétés magnétiques des électrons.

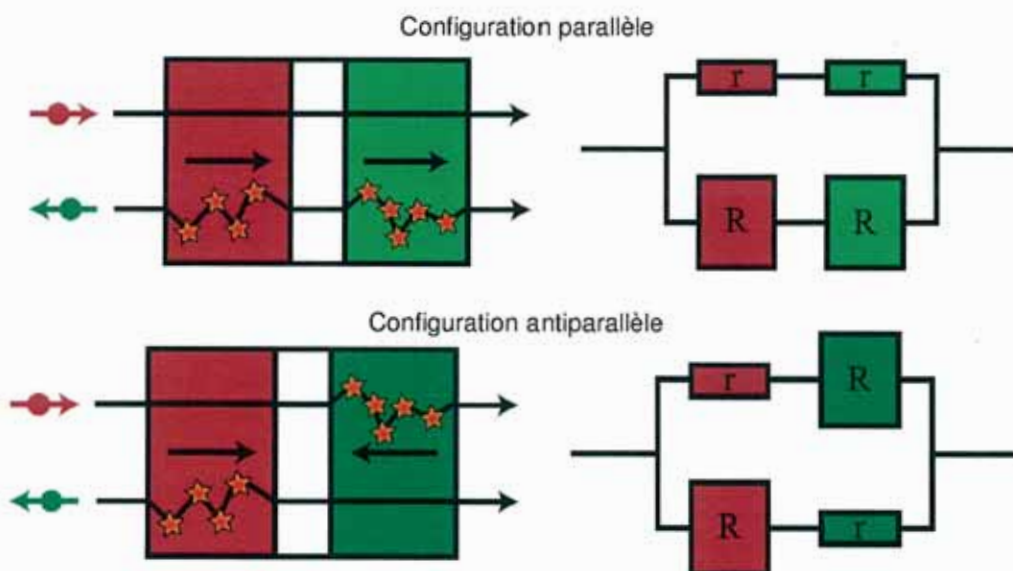
En première approximation, le courant électrique dans un matériau magnétique est conduit dans deux canaux parallèles : un pour les électrons dits de spin « up » et un pour ceux de spin « down ». Ces directions « up » et « down » sont définies par rapport à une direction de référence. Le plus simple ici est de choisir comme référence la direction de l'aimantation de la couche de référence qui ne varie pas. Un électron pointant dans la même direction sera dit « up » et un électron pointant dans la direction opposée sera dit « down ».

La résistance électrique qu'oppose un matériau magnétique à sa traversée par un électron dépend de l'orientation de son spin par rapport à l'aimantation du milieu. S'ils pointent dans la même direction, la résistance sera faible, notée r dans la suite. En revanche, s'ils pointent dans des directions inverses, la résistance sera forte, notée R dans la suite. Cette différence de résistance est liée au nombre de niveaux d'énergie disponibles pour les électrons qui n'est pas le même en fonction de la direction de leur spin dans un matériau magnétique.

Le courant électrique entrant dans la jonction contient autant de spin « up » que de spin « down ».

En configuration parallèle, les aimantations des deux couches magnétiques pointent ensemble dans la même direction. Dans ce cas, un électron de spin orienté dans la même direction que l'aimantation de la couche de référence (faible résistance r) est également orienté dans la même direction que l'aimantation de la couche libre (faible résistance r). Un électron de spin orienté dans la direction opposée à celle de l'aimantation de la couche de référence (forte résistance R) est également orienté dans la direction opposée à celle de l'aimantation de la couche libre (forte résistance R). Par conséquent, comme le montre le schéma ci-dessous, le canal de spin « up » traverse facilement la structure alors que celui de spin « down » est particulièrement résistif. Le schéma électrique équivalent de la structure en configuration parallèle permet de déduire la résistance R_P du système dans cette configuration :

$$R_P = \frac{2rR}{r+R}$$



En configuration antiparallèle, les aimantations des deux couches magnétiques de la jonction tunnel pointent dans des directions opposées. Dans ce cas, un électron de spin orienté dans la même direction que l'aimantation de la couche de référence (faible résistance r) est orienté dans la direction opposée à celle de l'aimantation de la couche libre (forte résistance R). En revanche, un électron de spin orienté dans la direction opposée à celle de l'aimantation de la couche de référence (forte résistance R) est orienté dans la même direction que celle de l'aimantation de la couche libre (faible résistance r). Par conséquent, comme le montre le schéma ci-dessous, les canaux de spin « up » et « down » sont aussi résistifs l'un que l'autre. Le schéma électrique équivalent de la structure en configuration antiparallèle permet de déduire la résistance R_{AP} du système dans cette configuration :

$$R_{AP} = \frac{r+R}{2}$$

ANNEXE 3

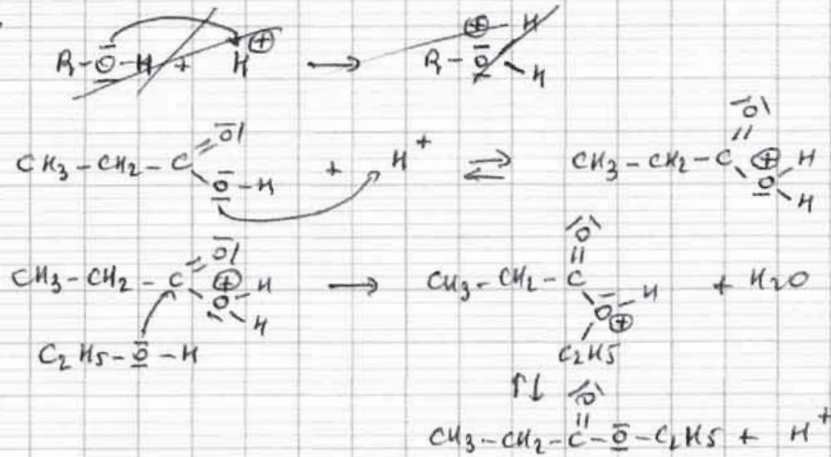
Tableau périodique
(à rendre avec la copie)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

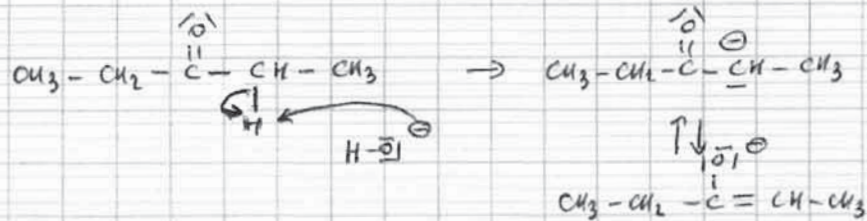
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANNEXE 4
Copie d'un élève avec deux mécanismes réactionnels
 (à rendre avec la copie)

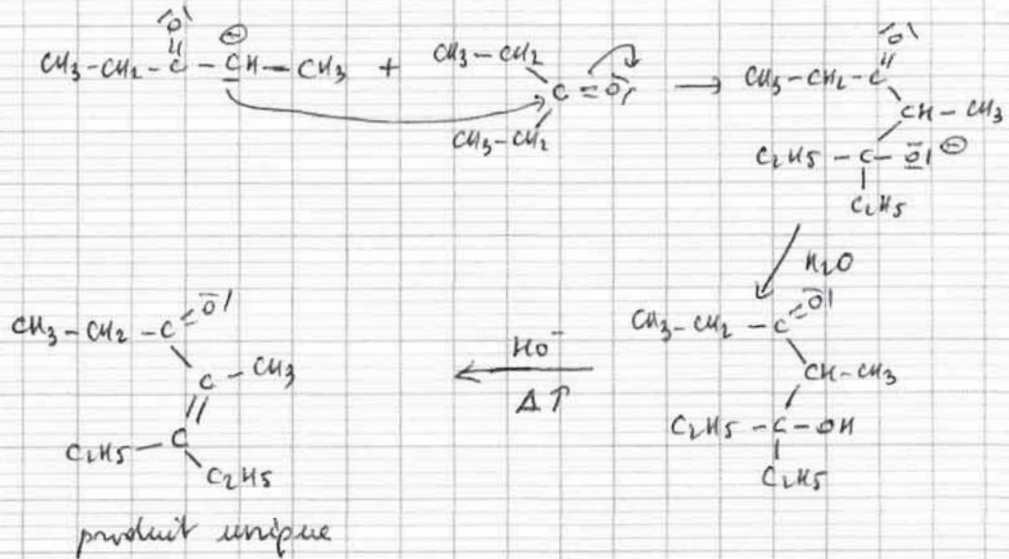
I.



II.
 (a)



(b)



A • De l'air qui nous entoure à la molécule

Cette partie a pour objet d'introduire dans un premier temps la notion de champ électrique à partir de deux exemples : l'un, déjà étudié en classe de cinquième et l'autre, abordé en classe de quatrième. Elle permet d'acquiescer à la définition de champ électrique et de constater expérimentalement la continuité des actions sur l'un vers et l'autre des deux exemples. Elle permet également de distinguer entre inductions et courants.

Compétences	Capacités	Connaissances
Augmenter sa maîtrise de la notion de molécules pour interpréter : - les différences entre les trois états physiques de l'eau ; - la conservation de la masse lors des changements d'état de l'eau ; - la non compressibilité de l'eau. Argumenter en utilisant la notion de molécules pour interpréter : - la diffusion d'un gaz dans l'air ; - la diffusion d'un soluté dans l'eau (sucre, colorant, dissolvant...). Percevoir la différence entre réalité et simulation.	Augmenter sa maîtrise de la notion de molécules pour interpréter : - les différences entre les trois états physiques de l'eau ; - la conservation de la masse lors des changements d'état de l'eau ; - la non compressibilité de l'eau. Argumenter en utilisant la notion de molécules pour interpréter : - la diffusion d'un gaz dans l'air ; - la diffusion d'un soluté dans l'eau (sucre, colorant, dissolvant...). Percevoir la différence entre réalité et simulation.	Les trois états de l'eau à travers la description moléculaire : - l'état gazeux est dispersé et désordonné ; - l'état liquide est compact et désordonné ; - l'état solide est compact : les solides cristallins sont ordonnés. Les molécules à travers la description moléculaire.
LES COMBUSTIONS : qu'est-ce que brûler ? La combustion du carbone nécessite du dioxygène et produit du dioxyde de carbone. La combustion du butane et du méthane dans l'air nécessite du dioxygène et produit du dioxyde de carbone et de l'eau. Test du dioxyde de carbone : en présence de dioxyde de carbone, l'eau de chaux donne un précipité blanc.	Questionnaire : identifier un problème, formuler une hypothèse Maîtriser en œuvre un protocole expérimental. Observer, extraire les informations d'un fait observé. Exprimer à l'écrit ou à l'oral des étapes d'une démarche de résolution. Proposer une représentation adaptée. Suivre un protocole donné.	Une combustion nécessite la présence de deux réactifs (combustible et comburant) qui sont consommés au cours de la combustion : un (ou des) alcool(s) produit(s) se forme(nt). Ces combustions libèrent de l'énergie. Certains combustibles peuvent être dangereux (combustions incomplètes, combustion explosive).
LES ATOMES POUR COMPRENDRE LA TRANSFORMATION CHIMIQUE Lors d'une combustion, des réactifs disparaissent et des produits apparaissent : une combustion est une transformation chimique. Lors des combustions, la dispersion de tout ou partie des réactifs et la formation de produits correspondent à un réarrangement d'atomes au sein de nouvelles molécules. Les atomes sont représentés par des symboles. Les molécules par des formules (O_2, H_2O, CO_2, CH_4, ou CH_3). L'équation de la réaction précise le sens de la transformation. Les masses présentes dans les produits (formules) correspondent au même nombre et au même nombre que dans les réactifs. La masse totale est conservée au cours d'une transformation chimique.	Extraire d'un document (papier ou numérique) les informations relatives aux dangers des combustions. Extraire d'un document (papier ou numérique) les informations relatives aux dangers des combustions. Exprimer par une phrase le passage des réactifs au(x) produit(s). Proposer une représentation adaptée (modèles moléculaires). Communiquer à l'aide du langage scientifique. Utiliser une représentation adaptée : coder, décider pour écrire les formules chimiques. Utiliser une représentation adaptée : coder, décider pour écrire les équations de réaction. Présenter et expliquer l'arrangement des atomes pour écrire une équation chimique. Participer à la conception d'un protocole ou la mettre en œuvre. Valider ou invalider une hypothèse.	La professeure limite la description à ce qui est nécessaire pour l'interprétation des phénomènes pris en compte. La manipulation des modèles moléculaires (désassemblage, assemblage) ne doit pas laisser croire qu'elle représente la transformation réactionnelle. L'écriture d'équations de réaction est strictement limitée aux deux ou trois combinaisons étudiées. La mole (concept, grandeur et unité de quantité de matière) est hors programme.

Connaissances	Capacités	Commentaires
COMPOSITION DE L'AIR - de quoi est composé l'air que nous respirons ? Est-il un corps pur ?		
L'air est un mélange de dioxygène (environ 20 %), d'azote (environ 78 %) et de gaz rares (moins de 1 %). Le dioxygène est nécessaire à la vie. Démonstration : entre un verre et une bougie allumée.	Extraire d'un document les informations relatives à la composition de l'air et au rôle du dioxygène.	Thèmes de convergence : développement durable, santé
VOLUME ET MASSE DE L'AIR - l'air est-il un volume propre ? A-t-il une masse ?		
Ils ont prouvé que l'air occupe un espace et qu'il a une masse. L'air est compressible.	Proposer une expérience pour mettre en évidence le caractère compressible de l'air. Valider ou invalider une hypothèse.	
La pression est une grandeur qui se mesure sur une surface. Unité de pression SI et la Pascal.	Mesurer une pression.	
Un volume de gaz possède une masse. Un litre d'air a une masse d'environ un gramme. Donner les conditions initiales de température et de pression.	Mesurer des volumes ; mesurer des masses. Comprendre qu'à une mesure est associée une incertitude (une erreur conditionnelle expérimentale).	Les correspondances simples entre les unités sont enseignées en chimie.
UNE DESCRIPTION MOLECULAIRE POUR COMPRENDRE		
Un gaz est composé de molécules	Percevoir la différence entre relative et absolue.	Thème de convergence : chimie
	Argumenter en utilisant la notion de molécules pour interpréter :	
	- la compressibilité d'un gaz ;	
	- les différences entre corps purs et mélanges.	

LA SANTÉ

Les citoyens doivent acquiescer une culture scientifique de façon à procéder à des choix raisonnés en matière de santé. L'objectif de ce thème est de montrer et d'expliquer le rôle des sciences physiques et chimiques dans les domaines du diagnostic médical et des médicaments.

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES ATTENDUES
Le diagnostic médical : l'analyse de signaux périodiques, l'utilisation de l'imagerie et des analyses médicales permettent d'établir un diagnostic. Des exemples seront pris dans le domaine de la santé (électrocardiogramme, électroencéphalogramme, radiographie, échographie, fibroscopie, ...). L'observation de résultats d'analyses médicales permet d'introduire les notions de concentration et d'espèces chimiques ainsi que des considérations sur la constitution et la structure de la matière.	
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. Electroneutralité 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.	Extraire et exploiter des informations concernant la nature des espèces chimiques citées dans des contextes variés. Connaitre la constitution d'un atome et de son noyau. Connaitre et utiliser le symbole Z^X. Savoir que l'atome est électriquement neutre. Connaitre le symbole de quelques éléments. Savoir que le numéro atomique caractérise l'élément. Mettre en œuvre un protocole pour identifier des ions. Dénombrer les électrons de la couche externe.
Les règles du « duel » et de l'octet. Application aux ions monoatomiques usuels. Formules et modèles moléculaires. Formules développées et semi-développées. Isoméris.	Connaitre et appliquer les règles du « duel » 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.
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.	Localiser, dans la classification périodique, les familles des alcalins, des halogènes et des gaz nobles. Utiliser la classification périodique pour retrouver la charge des ions monoatomiques.

A - La chimie, science de la transformation de la matière

A1 - Conduction électrique

A1.1 - Conduction électrique et structure de la matière

Après avoir étudié dans les classes antérieures les propriétés du courant électrique dans les circuits, l'élève aborde ici la nature de ce courant. C'est d'abord dans les métaux que la nature du courant électrique est abordée, puisque l'élève n'a utilisé que de tels

conducteurs dans les circuits qu'il a construits ; cette action est ensuite étendue aux solutions aqueuses.

Connaissances	Capacités	Commentaires
UTILISATION DES MÉTAUX DANS LA VIE QUOTIDIENNE : quels sont les métaux les plus couramment utilisés ?		
Les métaux les plus couramment utilisés sont le fer, le zinc, l'aluminium, le cuivre, l'argent et l'or.	Observer, recenser des informations pour distinguer quelques métaux usuels et pour repérer quelques-uns de leurs utilisations.	
L'ÉLECTRON ET LA CONDUCTION ÉLECTRIQUE DANS LES SOLIDES : tous les solides conduisent-ils le courant électrique ?		
Tous les métaux conduisent le courant électrique.	Pratiquer une démarche expérimentale afin de comparer le caractère conducteur de différents solides.	
Tous les solides ne conduisent pas le courant électrique.	Valider ou invalider une hypothèse sur le caractère conducteur ou isolant d'un solide.	
La conduction du courant électrique dans les métaux s'interprète par un déplacement d'électrons.		
L'ION ET LA CONDUCTION ÉLECTRIQUE DANS LES SOLUTIONS AQUEUSES : toutes les solutions aqueuses conduisent-elles le courant électrique ?		
Toutes les solutions aqueuses ne conduisent pas le courant électrique.	Pratiquer une démarche expérimentale afin de comparer (qualitativement) le caractère conducteur de l'eau et de diverses solutions aqueuses.	L'objectif des comparaisons de conduction électrique de l'eau et des solutions aqueuses n'est pas de constater la plus ou moins grande conduction en fonction des concentrations mais de permettre l'introduction de la notion d'ions en solution.
La conduction du courant électrique dans les solutions aqueuses s'interprète par un déplacement d'ions.	Valider ou invalider une hypothèse sur le caractère conducteur ou isolant d'une solution aqueuse.	Les risques d'électrolyse ou d'électrochimie dus à la conduction du courant électrique par l'eau du robinet (baignoire, fuites d'eau...) doivent être rappelés.
Constituants de l'atome : noyau et électrons. Structure lacunaire de la matière. Les atomes et les molécules sont électriquement neutres ; l'électron et les ions sont chargés électriquement.	Extraire d'un document (papier, multimédia) les informations relatives aux dimensions de l'atome et du noyau.	Il n'est pas demandé de donner la composition du noyau. La mémorisation des ordres de grandeur n'est pas exigible.
Le courant électrique est dû à : - un déplacement d'électrons dans le sens opposé au sens conventionnel du courant dans un métal ; - des déplacements d'ions dans une solution aqueuse.	Observer, recenser des informations, à partir d'une expérience de migration d'ions.	

PREMIERE S

OBSERVER Couleurs et images <i>Comment l'œil fonctionne-t-il ? D'où vient la lumière colorée ? Comment créer de la couleur ?</i>	
Notions et contenus	Compétences attendues
Couleur, vision et image	
Sources de lumière colorée	
Différentes sources de lumière : étoiles, lampes variées, laser, DEL, etc. Domaines des ondes électromagnétiques. Couleur des corps chauffés. Loi de Wien. Interaction lumière-matière : émission et absorption. Quantification des niveaux d'énergie de la matière. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon. Énergie d'un photon. Relation $\Delta E = h\nu$ dans les échanges d'énergie. Spectre solaire.	Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide. Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets. Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée. <i>Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et de comprendre la notion de lumière colorée.</i> Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière. Connaître les relations $\lambda = c/\nu$ et $\Delta E = h\nu$ et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie. Expliquer les caractéristiques (forme, raies) du spectre solaire.

TERMINALE S

Transformation en chimie organique Aspect macroscopique : - Modification de chaîne, modification de groupe caractéristique. - Grandes catégories de réactions en chimie organique : substitution, addition, élimination. Aspect microscopique : - Liaison polarisée, site donneur et site accepteur de doublet d'électrons. - Interaction entre des sites donneurs et accepteurs de doublet d'électrons ; représentation du mouvement d'un doublet d'électrons à l'aide d'une flèche courbe lors d'une étape d'un mécanisme réactionnel.	Reconnaître les groupes caractéristiques dans les alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide. Utiliser le nom systématique d'une espèce chimique organique pour en déterminer les groupes caractéristiques et la chaîne carbonée. Distinguer une modification de chaîne d'une modification de groupe caractéristique. Déterminer la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination) à partir de l'examen de la nature des réactifs et des produits. Déterminer la polarisation des liaisons en lien avec l'électronégativité (table fournie). Identifier un site donneur, un site accepteur de doublet d'électrons. Pour une ou plusieurs étapes d'un mécanisme réactionnel donné, relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur en vue d'expliquer la formation ou la rupture de liaisons.
---	---

Modèle ENSD ©NEOPTEC									
Nom : (Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)									
Prénom :									
N° d'inscription :	Né(e) le : / /								
(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)									
	<table><tr><td>Concours</td><td>Section/Option</td><td>Epreuve</td><td>Matière</td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>	Concours	Section/Option	Epreuve	Matière				
Concours	Section/Option	Epreuve	Matière						

EAI PHC 2

ANNEXES : 1 - 3 - 4

(A rendre avec la copie)

[illegible]

ANNEXE 3

Tableau périodique
(à rendre avec la copie)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANNEXE 4

Copie d'un élève avec deux mécanismes réactionnels
(à rendre avec la copie)

