

**PHYSIQUE-CHIMIE
Résolution de problème
Durée : 3 heures**

L'usage d'une calculatrice est autorisé pour cette épreuve.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le surveillant qui vérifiera et, éventuellement, remplacera son sujet.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1 à 11. Les pages 10 et 11 sont respectivement des annexes et des données pour l'ensemble du sujet.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Cette épreuve est constituée de **trois parties indépendantes**, dont chacune comporte des sous-parties également indépendantes.

QUELQUES APPORTS DE LA CHIMIE POUR ANALYSER ET TRAITER L'EAU

L'eau est une ressource qui est sans arrêt renouvelée, tant par le cycle naturel de l'eau que par les nombreux traitements qui sont effectués sur les eaux usées. Selon l'application à laquelle est destinée l'eau traitée (industrielle, agricole, animale ou encore pour l'eau potable), les traitements sont plus ou moins poussés, de manière à débarrasser l'eau de ses nombreux polluants. Pour les applications les plus exigeantes, l'eau est analysée à de nombreuses reprises pour s'assurer qu'elle est conforme aux normes mises en place dans chaque pays. Enfin, certains polluants de l'eau constituent des ressources qu'il est aussi important de renouveler. Il est alors intéressant de mettre au point des systèmes qui permettent de récupérer sélectivement un constituant dans l'eau.

Le **sujet comporte trois parties indépendantes**. La première partie traite de la chimie du manganèse et du fer dans l'eau ainsi que des techniques permettant leur élimination. La seconde partie présente une méthode d'analyse des matières organiques présentes dans l'eau et enfin, la troisième partie est consacrée à la synthèse d'un macrocycle de type éther couronne utilisé pour l'extraction d'ions métalliques de l'eau.

Partie 1 – Éliminer d'une eau le fer et le manganèse

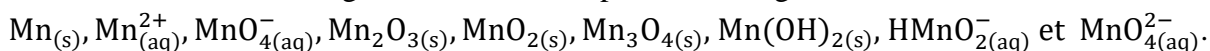
Le fer et le manganèse sont deux éléments fortement abondants dans les eaux fluviales et les eaux usées de certaines industries. Ils y sont présents majoritairement sous forme d'ions au degré d'oxydation +II. Pour les eaux destinées au réseau d'eau potable, les taux de ces éléments sont régulés à la fois pour la couleur, le goût et l'odeur qu'ils peuvent créer. Le pH des eaux étudiées ici est compris entre 5 et 8, c'est-à-dire analogue à celui des eaux de sources souterraines. Pour ces deux polluants, que sont le fer et le manganèse, la stratégie pour les éliminer consiste à opérer des transformations chimiques afin de former des solides qui sont retirés par filtration.

A. Traitements d'une eau contenant du manganèse

Le manganèse peut exister sous de nombreux degrés d'oxydation et d'espèces aqueuses ou solides.

1. Déterminer la configuration électronique fondamentale de l'atome de manganèse et de l'ion Mn^{2+} , en rappelant le nom des règles utilisées.
2. Indiquer les électrons de cœur et de valence de ces deux entités.
3. Placer précisément l'élément manganèse dans la classification périodique (période, colonne, bloc).

Pour comprendre les traitements mis en place pour le manganèse, il convient d'utiliser le diagramme potentiel-pH de cet élément. Ce diagramme, qui est donné en annexe, comporte des zones repérées par les lettres A à I. Pour établir le diagramme final, les espèces du manganèse suivantes sont à considérer :



La concentration totale en espèces dissoutes du manganèse C_T vaut $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et, par convention, les concentrations des espèces dissoutes sont égales au niveau des frontières du diagramme.

4. Donner le degré d'oxydation du manganèse pour chacune des espèces considérées.
5. Montrer que les couples $\text{Mn}_{(aq)}^{2+}/\text{Mn}(\text{OH})_{2(s)}$ et $\text{Mn}(\text{OH})_{2(s)}/\text{HMnO}_{2(aq)}^-$ sont des couples acido-basiques. Écrire les équations acido-basiques associées. Donner un attribut aux espèces chimiques, qui comme $\text{Mn}(\text{OH})_{2(s)}$, sont à la fois acide d'un couple et base d'un autre couple.
6. Attribuer à chaque espèce un domaine (de A à I) sur le diagramme potentiel-pH du manganèse donné en annexe.
7. Justifier l'existence de frontières horizontales sur le diagramme. Écrire les équations chimiques associées.
8. Retrouver par le calcul les valeurs de pH des frontières délimitant le domaine d'existence du solide $\text{Mn}(\text{OH})_{2(s)}$.
9. En expliquant clairement la méthode employée, déterminer la valeur de la pente du segment de droite qui sépare les espèces $\text{Mn}_{(aq)}^{2+}$ et $\text{Mn}_3\text{O}_{4(s)}$.
10. Commenter la stabilité des ions permanganate dans l'eau. Proposer une explication au fait que les solutions aqueuses de permanganate existent.

Pour traiter des eaux contenant du manganèse, il est nécessaire d'utiliser de puissants oxydants comme l'ozone, le dichlore, ou le permanganate de potassium.

11. Écrire l'équation de la transformation chimique qui a lieu lors de l'ajout d'une solution de permanganate de potassium sur une eau à $\text{pH} = 6$ contenant des ions $\text{Mn}(\text{II})$.

B. Traitements d'une eau contenant du fer

Pour éliminer le fer, un traitement simple et efficace est d'effectuer une aération de l'eau. De l'air est injecté dans la solution pour atteindre la saturation en dioxygène dans l'eau et le solide qui se forme est filtré. Dans cette partie, la concentration classique en ions $\text{Fe}(\text{II})$ dans les eaux à purifier vaut $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On considère une eau à $\text{pH} = 7$, à 25°C et contenant des ions $\text{Fe}(\text{II})$.

12. À partir du diagramme potentiel-pH du fer fourni en annexe, prédire la réaction qui est susceptible de se produire lors de la saturation de l'eau par le dioxygène. Expliquer l'utilité de la méthode.
13. Calculer la valeur de la constante thermodynamique de cette réaction. Commenter.
14. Déterminer la valeur de la concentration initiale en dioxygène théoriquement nécessaire (exprimée en mg.L^{-1}) pour consommer quantitativement les ions fer présents en solution. Conclure quant à l'efficacité de l'opération d'aération.

La cinétique de la réaction est étudiée afin d'optimiser l'opération d'aération et en particulier de connaître le temps nécessaire à la consommation du fer dissous. La loi de vitesse postulée est du type :

$$v = k_0 \times [\text{Fe}^{2+}]^a \times [\text{HO}^-]^b \times (\text{P}_{\text{O}_2})^c$$

Dans une première série d'expériences, trois solutions, dont la concentration en ions fer est fixée ($[\text{Fe}^{2+}]_0 = 40,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$), sont préparées à 25 °C. La valeur du pOH de chacune de ces solutions est fixée par l'utilisation d'un tampon ajusté en début de réaction (pOH = 6,21 ; 6,39 et 6,52). Enfin, la réaction d'oxydation des ions fer (II) est réalisée à la pression atmosphérique pour une composition normale de l'air. La concentration en ions fer (II) dans le milieu est déterminée à intervalles réguliers en dosant un prélèvement de la solution.

Les courbes présentées sur la figure 1 montrent l'évolution du logarithme népérien de la concentration en ions fer (II) au cours du temps divisée par la concentration initiale en ions fer (II).

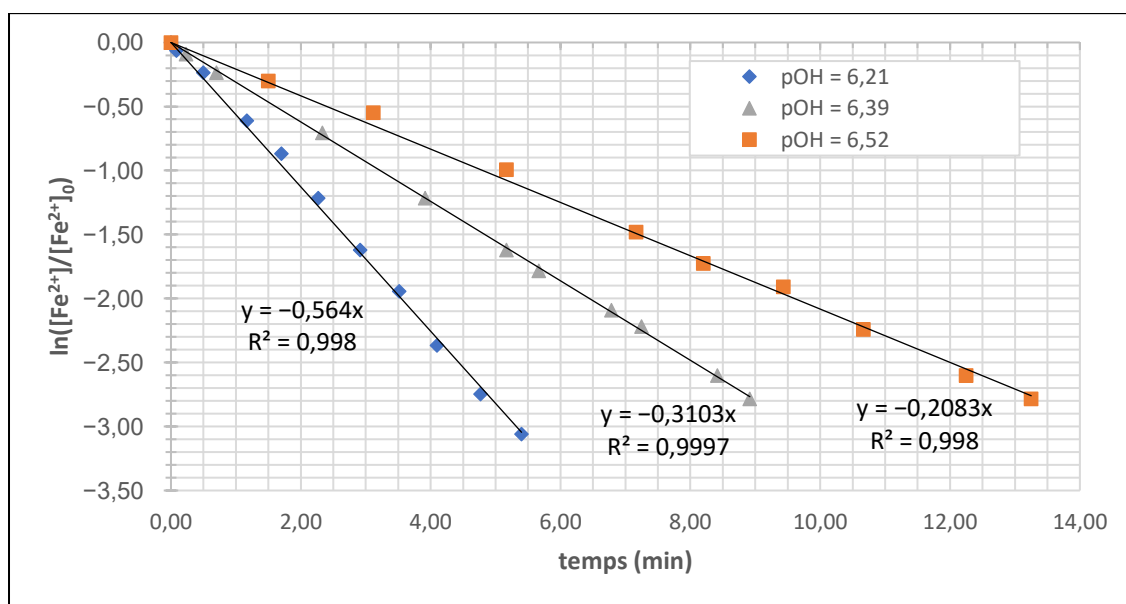


Figure 1 : évolution du logarithme népérien de la concentration en ions Fe^{2+} au cours du temps divisée par la concentration initiale en ions Fe^{2+} pour trois valeurs de pOH indiquées en légende.

Le dosage du fer contenu dans les prélèvements est assuré par spectrophotométrie. Pour cela, un excès d'un agent complexant est ajouté à la solution prélevée sans modification de volume. Le complexe formé étant fortement coloré, la solution résultante est analysée par spectrophotométrie dans le domaine du visible.

15. Expliquer le principe du dosage par spectrophotométrie en indiquant la loi physique sur laquelle il repose et en précisant les unités de chacun des termes impliqués.
16. À partir de cette première série d'expériences, déterminer a , l'ordre partiel en ions fer. Justifier cette détermination.

17. Calculer la valeur de la constante de vitesse apparente de la réaction dans le cas de la transformation la plus rapide.

Pour continuer l'étude, une autre série d'expériences est menée en faisant varier la pression en dioxygène et la concentration en ions hydroxyde. La concentration initiale en ions fer (II) est la même que celle de la première série ($[\text{Fe}^{2+}]_0 = 40,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$). Pour chaque expérience, la régression linéaire du logarithme népérien de la concentration en ions fer (II) au cours du temps divisée par la concentration initiale en ions fer (II), $\ln([\text{Fe}^{2+}]/[\text{Fe}^{2+}]_0)$, en fonction du temps est réalisée comme précédemment. La pente obtenue pour chaque droite de régression linéaire est relevée et reportée dans le tableau 1 avec les valeurs correspondantes de pression en dioxygène et de concentration en ions hydroxyde.

$P_{\text{O}_2} \text{ (atm)}$	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,107	0,153	0,174	0,184	0,195
$10^8 \times [\text{HO}^-] \text{ (mol.L}^{-1}\text{)}$	3,16	4,00	4,56	5,02	7,25	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
$100 \times \text{pente (min}^{-1}\text{)}$	-1,68	-2,63	-3,45	-4,33	-8,90	-16,83	-8,50	-12,20	-13,70	-14,60	-15,70

Tableau 1 : valeurs, pour chaque expérience, de la pression en dioxygène, de la concentration en ions hydroxyde et de la pente de la droite obtenue par régression linéaire de $\ln([\text{Fe}^{2+}]/[\text{Fe}^{2+}]_0)$ en fonction du temps.

18. En expliquant la méthode utilisée, déterminer les ordres partiels **b** et **c** correspondant respectivement aux ions hydroxyde et à la pression en dioxygène.

Partie 2 – Titrage de la matière organique oxydable dans une eau

Le permanganate de potassium étant un oxydant fort, il réagit sur certains composés organiques oxydables. La quantité de matière organique oxydable contenue dans une eau peut être estimée en mesurant la quantité de permanganate consommée par cette réaction. La législation française régule la quantité de matière organique qui peut se trouver dans les eaux potables. Un indicateur de la quantité de matière oxydable dans l'eau est l'indice de permanganate. Cet indice est exprimé comme la masse de dioxygène nécessaire pour oxyder toute la matière oxydable contenue dans 1 L d'eau ; elle est couramment exprimée en mg.L^{-1} . En France, pour une eau destinée à la consommation humaine, l'indice de permanganate doit être inférieur à 5 mg.L^{-1} . La mesure de l'indice de permanganate est recommandée pour les eaux peu polluées ou ayant déjà subi des traitements et ne contenant que peu de matière organique.

La détermination de l'indice de permanganate d'une eau nécessite la mise en place d'un protocole dont les trois étapes sont décrites ci-après :

Étape 1 :

- Prélever un volume $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ d'une eau à analyser et les introduire dans un ballon bicol.
- Ajouter $5,0 \text{ mL}$ d'une solution d'acide sulfurique de concentration $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Sur le col latéral du ballon, adapter une ampoule de coulée avec compensation de pression. Introduire dans l'ampoule un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution de permanganate de potassium de concentration $c_1 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Ajouter la verrerie adéquate pour faire un montage à reflux puis porter le mélange à l'ébullition.
- Dès que l'ébullition est visible, ajouter toute la solution de permanganate de potassium. Maintenir l'ébullition pendant 10 min .

Étape 2 :

Introduire un volume $V_2 = 20,0$ mL d'une solution d'oxalate d'ammonium ($2\text{NH}_4^+(\text{aq}) ; \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$) de concentration $c_2 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Le mélange doit se décolorer complètement.

Étape 3 :

- Transvaser la solution précédente dans un bécher et la titrer par une solution de permanganate de concentration c_1 .
- Noter le volume équivalent obtenu lorsque la coloration rose est persistante.

Afin d'étudier le protocole précédent, la matière organique contenue dans l'eau étudiée est modélisée par de l'éthanol. Le pH de la solution est considéré comme proche de 0 pendant toute l'expérience. Le couple oxydant/réducteur à prendre en compte pour le manganèse est le couple $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$. Toutes les transformations chimiques mises en jeu sont considérées comme totales.

19. Illustrer l'action de l'ion permanganate sur les molécules organiques en détaillant son effet sur deux fonctions chimiques différentes.
20. Donner une représentation légendée du montage à reflux qui doit être mis en place dans ce protocole.
21. En raisonnant sur les potentiels standards fournis, donner le produit d'oxydation obtenu par action de la solution de permanganate sur l'éthanol.
22. En notant n_0 la quantité de matière d'éthanol présente dans le prélèvement d'eau à analyser, exprimer la quantité de matière de permanganate consommée lors de la réaction avec l'éthanol.
23. Établir le diagramme de prédominance des espèces issues des ions oxalates en fonction du pH. Conclure quant à l'espèce prédominante à prendre en compte dans ce protocole.
24. En établissant un bilan des quantités de matière, expliquer la décoloration observée lors de l'étape 2.
25. Montrer que lors du titrage, la quantité de matière de permanganate versée à l'équivalence est égale à la quantité d'ions permanganate consommée lors de la première étape.
26. Exprimer la quantité de matière de dioxygène qui serait nécessaire pour faire la réaction de l'étape 1 (si le dioxygène était utilisé à la place du permanganate) en fonction de la quantité de matière de permanganate qui y est consommée.
27. Montrer que l'indice de permanganate (IP) s'exprime en fonction de la quantité de matière n_0 de la manière suivante :

$$IP = 32,0 \cdot 10^5 \times n_0 \text{ (en mg.L}^{-1}\text{)}$$

28. En déduire l'expression de l'indice de permanganate en fonction du volume équivalent déterminé lors du titrage.
29. Déterminer la valeur de la concentration maximale en éthanol autorisée par la loi française pour que l'eau soit considérée comme potable.

Cette méthode de l'indice de permanganate est pratique et facile de mise en œuvre sur de nombreux échantillons, cependant son emploi n'est recommandé que sur des eaux relativement propres et elle n'est pas fiable sur des eaux usées.

30. Proposer des raisons qui rendent la méthode peu fiable sur des eaux usées non traitées au préalable.

Partie 3 – Synthèse d'un éther couronne pour extraire l'ion lithium

De nombreux cations métalliques peuvent exister dans l'eau et y constituent une pollution d'origine naturelle, industrielle ou encore accidentelle. La présence de ces cations pose des problèmes de toxicité et des problèmes environnementaux, mais constitue également une source d'extraction de ces métaux quand ces derniers sont rares et chers, comme dans le cas du palladium. Extrait des mines et utilisé pour de nombreuses applications technologiques, il tend à se retrouver comme polluant dans certaines eaux. Dans d'autre cas plus dramatiques, des accidents nucléaires provoquent la contamination de l'eau par des cations métalliques radioactifs (comme le césium 137). Il est par suite particulièrement intéressant de développer des structures organiques qui permettent de venir capter sélectivement un cation parmi d'autres. Les éthers couronnes ont par exemple fait l'objet de beaucoup d'études pour leur capacité à capter des cations. Cette partie détaille la synthèse d'un éther couronne utilisé pour extraire le cation lithium d'une eau, à partir d'un diol, le pinacol.

A. Préparation du pinacol

La molécule de pinacol (composé **5**) peut être obtenue de nombreuses manières. La figure 2 montre les trois voies de synthèse qui sont étudiées dans la suite.

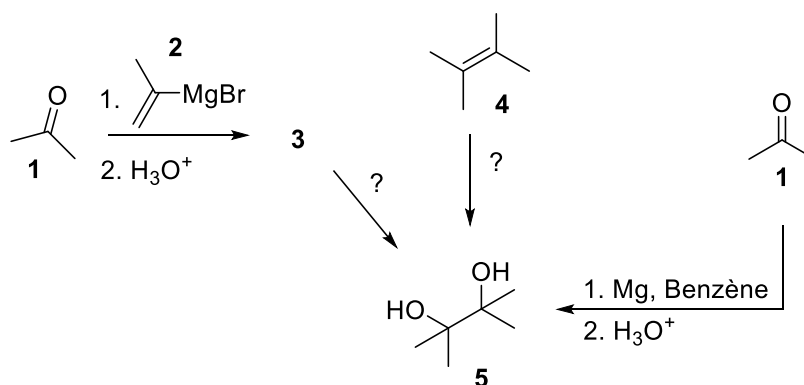


Figure 2 : synthèse de la molécule de pinacol par différentes voies.

31. Proposer une synthèse en une étape du composé **2**. Indiquer les réactifs, le solvant, et les précautions expérimentales à mettre en place. Aucun schéma de montage n'est demandé pour cette question.
32. Indiquer la structure du composé **3** et donner le mécanisme de son obtention.
33. Proposer un ou des réactif(s) pour obtenir le pinacol **5** en une étape à partir du composé **3**.
34. Proposer un réactif pour obtenir le pinacol **5** en une étape à partir du composé **4**.

Le pinacol **5** peut également être obtenu à partir de la propanone **1** par un couplage pinacolique faisant intervenir du magnésium à l'état solide. La réaction de préparation du pinacol **5** par couplage est représentée sur la figure 3.

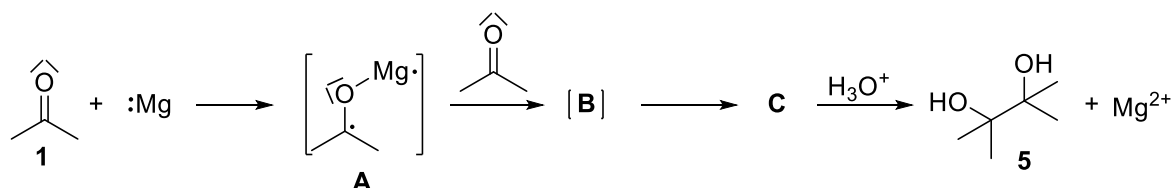


Figure 3 : préparation du pinacol **5** par couplage pinacolique de la propanone **1**.

Cette réaction met en jeu un mécanisme qui débute par le transfert d'un électron de valence du magnésium au groupe carbonyle de la propanone pour obtenir le di-radical **A**. Un second transfert électronique d'un électron de valence du magnésium vers une nouvelle molécule de propanone mène au composé **B**. Celui-ci se transforme spontanément en composé **C**, qui donne le pinacol **5** par une hydrolyse acide. Les deux électrons de valence du magnésium ont été représentés sur la figure 3 pour faciliter l'écriture des mécanismes.

35. Compléter le mécanisme conduisant au composé **A** à partir de la propanone **1** et du magnésium en indiquant les mouvements mono-électroniques mis en jeu par les flèches adaptées.
36. Donner la structure du nouveau di-radical **B**.
37. Écrire la structure du composé **C** et proposer un mécanisme pour sa formation.
38. Donner le nom du pinacol en nomenclature officielle.

B. Obtention de l'éther couronne

Dans la suite de la synthèse, le pinacol **5** est transformé pour obtenir l'éther couronne **9** suivant les réactions présentées sur la figure 4.

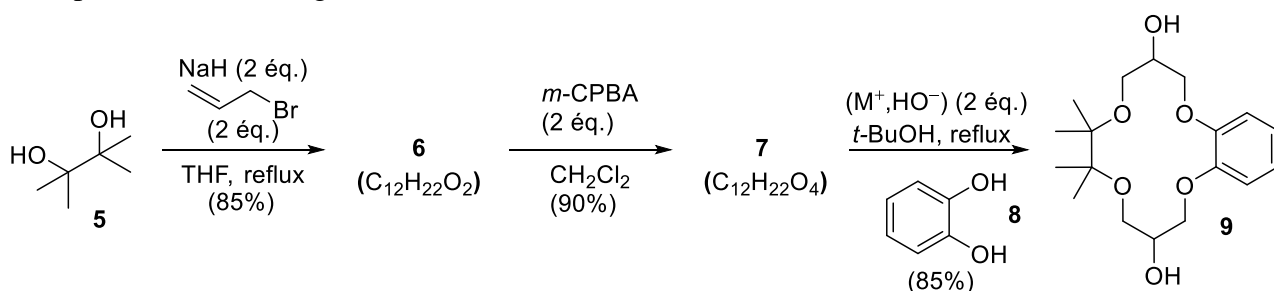


Figure 4 : préparation de l'éther couronne **9** à partir du pinacol **5**.

Le composé **6** présente les signaux suivants dans son spectre RMN du proton enregistré dans le CDCl_3 à 400 MHz (δ , ppm) :

1,19 (s, 12H) ; 3,98 (d, $J = 4,3$ Hz, 4H) ; 5,05 (dd, $J = 1,6$ Hz et $J = 10,4$ Hz, 2H) ; 5,23 (dd, $J = 1,6$ Hz et $J = 19$ Hz, 2H) ; 5,91 (m, $J = 4,3$ Hz, $J = 10,4$ Hz et $J = 19$ Hz, 2H).

Les notations suivantes sont adoptées : s = singulet, d = doublet, m = multiplet.

39. Déterminer la structure du composé **6** et détailler le mécanisme de sa formation.
40. Attribuer soigneusement, sous forme d'un tableau, les signaux et les couplages observés sur le spectre RMN du proton du composé **6**.
41. Donner la structure du composé **7**, obtenu par action de l'acide métachloroperoxybenzoïque (*m*-CPBA) sur le composé **6**, en nommant les fonctions chimiques nouvellement formées.
42. Représenter tous les stéréoisomères possibles pour la molécule **7**, indiquer ceux qui sont formés au cours de la réaction précédente et préciser leurs proportions respectives. En déduire si le mélange obtenu présente une activité optique.

La cyclisation finale, qui permet la formation de l'éther couronne **9**, nécessite d'employer une base jouant, entre autres, le rôle de catalyseur. Ici, il s'agit de la paire d'ions (M^+ , HO^-) où M^+ est un cation métallique pouvant être Li^+ , Na^+ ou K^+ .

Le tableau 2 donne les résultats obtenus pour la réaction de cyclisation selon la base utilisée.

Base	Résultat de la réaction
$(Li^+ ; HO^-)$	Composé 9 isolé avec un rendement de 85 %
$(Na^+ ; HO^-)$	Traces du composé 9
$(K^+ ; HO^-)$	Aucune trace du composé 9

Tableau 2 : résultats de la réaction de cyclisation menée sur le composé **7** en fonction de la base utilisée.

Lors des réactions de fermeture de grands cycles, comme c'est le cas ici, il est possible de catalyser la réaction par la présence d'un ion métallique qui vient réaliser un effet « *template* ». Le cation métallique aide, à travers des interactions faibles, à rapprocher les molécules qui doivent réagir et à les placer dans la bonne position pour accélérer la réaction aux endroits souhaités.

Des calculs théoriques ont été menés pour voir comment pourraient interagir les différents cations avec l'éther couronne **9** une fois que celui-ci est formé. La structure 3D de la molécule est représentée seule sur la figure 5, puis en interaction avec les différents cations sur la figure 6 de la page suivante.

43. Écrire la structure de l'intermédiaire obtenu en plaçant le catéchol **8** en présence de la base.

On se place dans le cas où la base utilisée est celle faisant intervenir le cation lithium.

44. Illustrer les interactions (entre le cation lithium, l'intermédiaire défini à la question précédente et le composé **7**) qui permettent de mettre en évidence l'organisation des molécules avant qu'elles ne réagissent.

45. Indiquer à quelle famille chimique appartiennent tous les éléments choisis pour les ions métalliques utilisés ici. Commenter, en proposant une explication, l'évolution des rayons ioniques observée dans cette famille.

46. En utilisant les structures 3D calculées pour les complexes formés entre l'éther couronne et les différents cations, interpréter le fait que la cyclisation n'a lieu que dans le cas où le cation utilisé est le cation lithium.

Pour utiliser l'éther couronne à des fins d'extraction des cations en milieu aqueux, une solution consiste à le greffer à une structure polymère. Le matériau obtenu peut ensuite être utilisé dans des filtres pour retenir sélectivement le cation voulu. Le polymère qui a été choisi pour cela comporte des fonctions acide carboxylique.

47. Donner les conditions nécessaires, le bilan de la réaction et écrire le mécanisme de la réaction de greffage entre l'éther couronne **9** et une fonction acide carboxylique portée par le polymère.

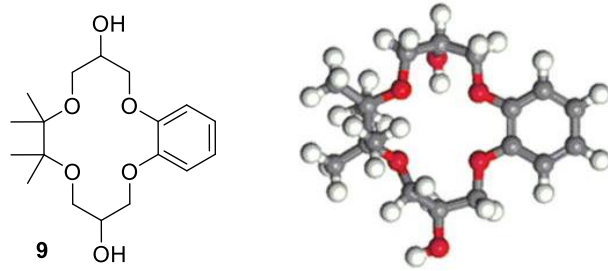


Figure 5 : éther couronne **9** en représentation topologique à gauche et représentation 3D de la structure calculée à droite.

Complexe éther couronne / cation M ⁺	Structure 3D calculée	
	Vue du dessus	Vue de profil

Figure 6 : représentations des structures topologiques planes et calculées en 3D pour les complexes de l'éther couronne **9** avec différents cations métalliques.

ANNEXES

Diagramme potentiel-pH du fer à 25 °C

$C_T = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

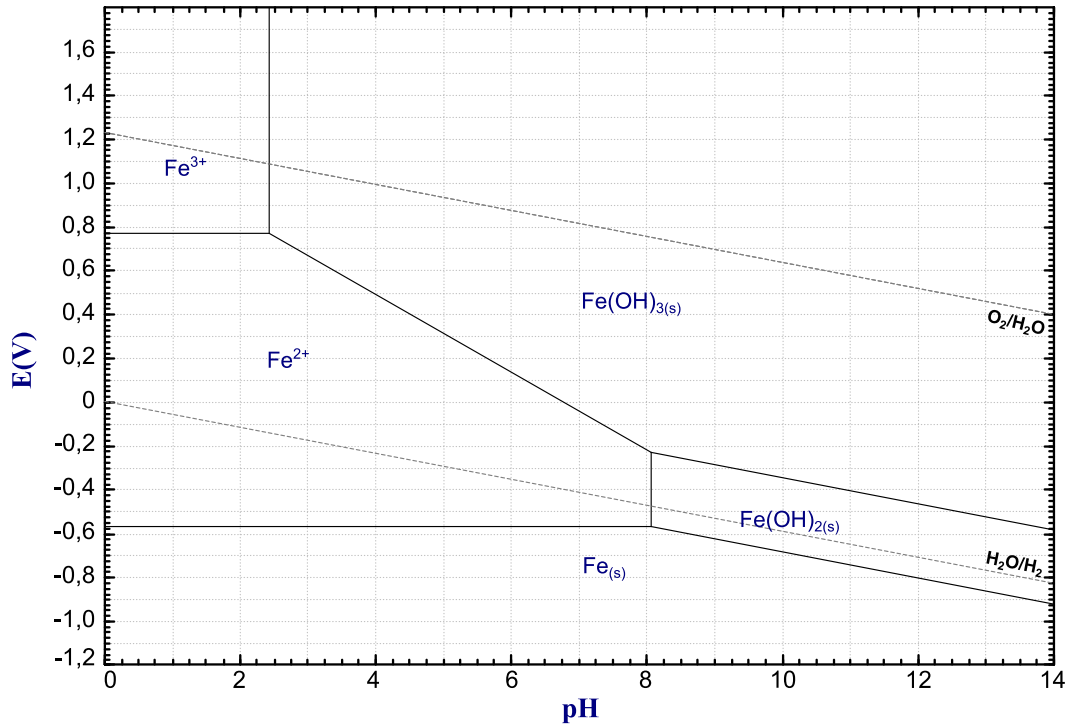
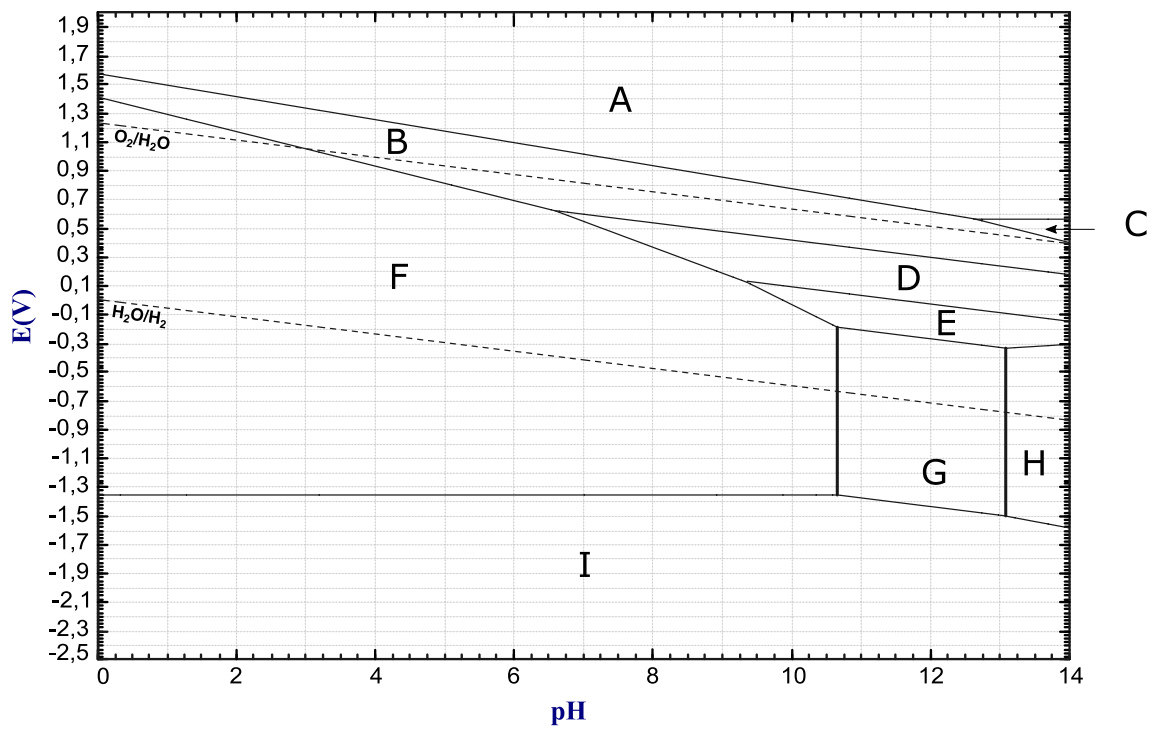


Diagramme potentiel-pH du manganèse à 25 °C

$C_T = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$



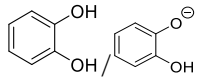
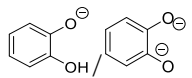
DONNÉES POUR L'ENSEMBLE DU SUJET

- Numéro atomique du manganèse : $Z = 25$
- Masse molaire du dioxygène : $M = 32,0 \text{ g. mol}^{-1}$
- Rayons ioniques de quelques ions :

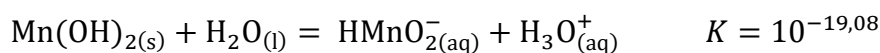
Ion	Li^+	Na^+	K^+
Rayon (pm)	76	102	138

Données thermodynamiques à 298 K :

- Constantes d'acidité de quelques couples :

Couple	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})/\text{HC}_2\text{O}_4^-(\text{aq})$	$\text{HC}_2\text{O}_4^-(\text{aq})/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$	$\text{H}_2(\text{g})/\text{NaH}$		
pKa	1,2	4,3	35	9,45	12,8

- Constante thermodynamique pour la réaction :



- Potentiels standards à pH=0 pour quelques couples :

Couple	$\text{MnO}_4^-(\text{aq})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{CO}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$	Éthanal /éthanol	Acide éthanoïque/éthanal
E° (pH = 0)	1,51 V	-0,49 V	0,19 V	-0,13 V

Couple	$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})/\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
E° (pH = 0)	1,01 V	1,23 V

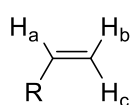
- On prendra $\frac{RT}{F} \ln(10) = 0,06 \text{ V}$
- Solubilité du dioxygène gazeux dans l'eau : $s = 8,28 \text{ mg.L}^{-1}$
- Produit de solubilité de $\text{Mn}(\text{OH})_2(\text{s})$: $K_s = 10^{-12,7}$

Données spectroscopiques :

- Table de déplacements chimiques en ppm pour la RMN du proton :

-CH=CH-	-CH ₂ -O-	CH ₃ -C-
5 – 6,8	3,4 – 3,9	0,8 – 1,7

- Constantes de couplage J en Hz (R = substituant alkyle) :



J_{ab}	J_{ac}	J_{bc}
6 – 10	12 – 18	0 – 3

FIN DU SUJET