PC/PC*

CHIMIE

1 DEVOIR CORRIGÉ PAR SEMAINE



avec annales
& corrigés commentés

Nathalie Dhayer

ellipses

PC/PC*

CHIMIE

1 DEVOIR CORRIGÉ PAR SEMAINE



Nathalie DHAYER

Agrégée de sciences physiques option chimie
et docteure en chimie

ellipses

Conception graphique couverture : Nathalie FOULLOY

ISBN 9782340-118560

Dépôt légal : août 2026

©Ellipses Édition Marketing S.A.
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

Avant-propos

Ce livre, à destination des étudiant·es de deuxième année de CPGE PC, a été conçu dans l'objectif de s'entraîner aux concours à raison d'un devoir par semaine. Cet ouvrage débute par un chapitre de méthodologie visant à fournir des outils basés sur les sciences cognitives pour travailler et progresser efficacement. Les différentes parties du programme sont réparties sur vingt devoirs et rassemblent les compétences à acquérir sur chaque partie.

Chacun des énoncés compte huit questions ce qui correspond à un temps limité de deux heures. Les parties de programme auxquelles se réfère chaque sujet ainsi que les compétences à acquérir sont précisées en préambule.

L'annale et le corrigé de l'épreuve de chimie de la session 2025 du concours CCINP sont également présents dans cet ouvrage.

Dans les corrigés, des extraits de rapports de jury sont ajoutés pour attirer l'attention sur les erreurs fréquemment commises par les candidat·es. Des points méthodologiques et des formulaires reprenant les formules essentielles sont également proposés.

◇
◇ ◇

Je tiens à remercier mon armée de relecteur·ice·s et correcteur·ice·s : Emilie Lesur pour son soutien, ses conseils très précieux et son infinie patience ; Baptiste Couet pour sa solide expérience et son attention ; Marie Auvray, pour ses indications et son regard expert ; Gabriel Durin, pour la bonne référence des potentiels et pour ses suggestions toujours très pertinentes ; Anthony Beauvois qui par sa vigilance a compensé ma piètre vision dans l'espace et qui m'a fait des recommandations éclairées ; Blaise Gatin-Fraudet pour son avis avisé et ses commentaires judicieux ; Élise Boullant pour sa rigueur mise au service d'une relecture minutieuse ; Emmanuel Albert pour sa contribution significative à la partie méthodologie, Mélanie Dhayer, ma soeur, pour sa relecture attentive de cette même partie ; Catherine Thomas-Sadry, qui outre m'avoir formée et aiguillée toute ma vie, a eu la gentillesse de « sortir » de la retraite pour relire certains devoirs de cet ouvrage.

Sans vous, ce livre n'aurait jamais pu exister. Merci pour votre soutien sans faille depuis toutes ces années.

Sommaire

Méthodologie **5**

Index thématique **9**

Devoirs

- Devoir 1 12
- Devoir 2 14
- Devoir 3 16
- Devoir 4 20
- Devoir 5 22
- Devoir 6 24
- Devoir 7 29
- Devoir 8 31
- Devoir 9 33
- Devoir 10 35
- Devoir 11 38
- Devoir 12 40
- Devoir 13 42
- Devoir 14 44
- Devoir 15 47
- Devoir 16 49
- Devoir 17 52
- Devoir 18 54
- Devoir 19 56
- Devoir 20 58

Annale

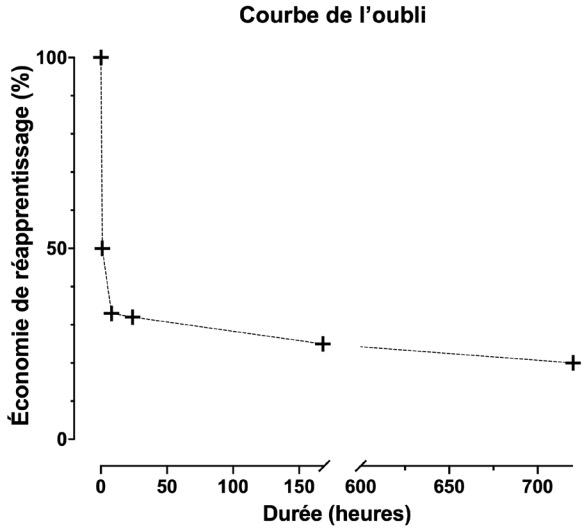
- CCINP 2025 61

Corrigés

- Corrigé du devoir 1 82
- Corrigé du devoir 2 87
- Corrigé du devoir 3 91
- Corrigé du devoir 4 95
- Corrigé du devoir 5 97
- Corrigé du devoir 6 101
- Corrigé du devoir 7 105
- Corrigé du devoir 8 109
- Corrigé du devoir 9 112
- Corrigé du devoir 10 116
- Corrigé du devoir 11 119
- Corrigé du devoir 12 122
- Corrigé du devoir 13 126
- Corrigé du devoir 14 130
- Corrigé du devoir 15 133
- Corrigé du devoir 16 136
- Corrigé du devoir 17 139
- Corrigé du devoir 18 142
- Corrigé du devoir 19 145
- Corrigé du devoir 20 149
- Corrigé de l'annale 152

Méthodologie

Les travaux pionniers d'Ebbinghaus [1] sur l'apprentissage et la mémoire ont permis d'établir des résultats empiriques qui furent confirmés plus de cent ans plus tard par imagerie médicale [2] et par de nombreux travaux de sciences congnitives [3]. Ces recherches ont conduit à l'établissement de ce que l'on appelle aujourd'hui la « courbe de l'oubli » :



Pour obtenir cette courbe, les auteurs [1, 3] mesurent le temps nécessaire pour apprendre une notion à l'instant initial, T_i, puis le temps nécessaire pour apprendre cette même notion après une certaine durée, $T_{\text{réapprentissage}}$.

L'économie de réapprentissage correspond à $\frac{T_i - T_{\text{réapprentissage}}(t)}{T_i} \times 100$ et traduit donc la mémoire résiduelle, c'est-à-dire ce dont on se souvient après une certaine durée sans aucun rappel. On peut voir que l'économie de réapprentissage chute drastiquement après seulement une heure.

Depuis sa mise en évidence, de nombreuses études ont été consacrées à lutter contre ce phénomène d'oubli, qui semble rapide et inéluctable.

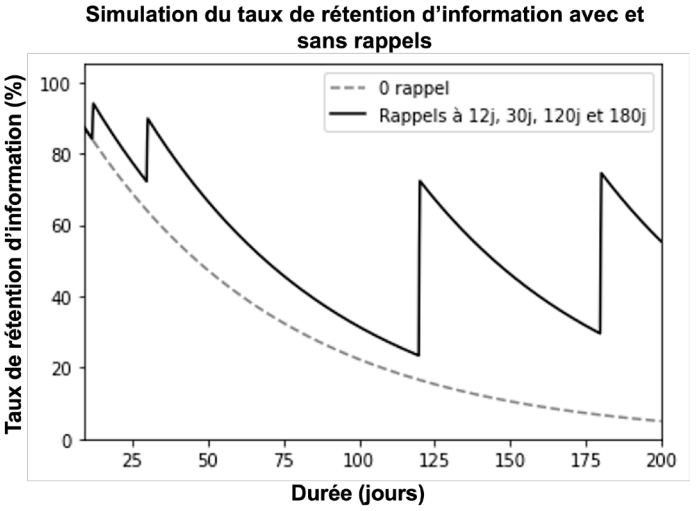
Il fait consensus que les facteurs suivant limitent ce phénomène :

- ◇ Un sommeil suffisant et de qualité ;
- ◇ Une réactivation régulière des connaissances ;
- ◇ Une implication active dans son apprentissage.

1. Ebbinghaus, H ; *Über das Gedächtnis : Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*, **1880**.
2. Dehaene, S ; *L'imagerie cérébrale en psychologie cognitive*, Cours Collège de France, **2006**
3. Murre, J. M. J ; Dros, J ; *Replication and Analysis of Ebbinghaus' Forgetting Curve*, **2015**.

Nous allons développer ces deux derniers points.

D'une part, l'efficacité de la réactivation régulière des connaissances découle directement de l'analyse de la courbe de l'oubli. En utilisant les modélisations publiées dans la littérature, on peut simuler une courbe représentant le taux de rétention d'information en fonction du temps. Le taux de rétention correspond au nombre d'informations retenues divisé par le nombre d'information total à retenir (multiplié par 100). C'est ce taux qui est classiquement utilisé dans la littérature et qui est donc repris ici. Une telle courbe [3] est tracée sur une durée d'environ 7 mois (correspondant à l'échéance aux concours) et on y a superposé la courbe représentant le taux de rétention d'information en réalisant des rappels après 12 jours, 1 mois, 4 mois et 6 mois [4, 5].



De ces résultats nous pouvons conclure que les rappels effectués augmentent drastiquement le taux de rétention d'information. En outre, ce résultat empirique est confirmé par imagerie [6]. En modifiant la durée totale de simulation, on pourra adapter la courbe à la durée qui sépare l'introduction d'une nouvelle notion et les épreuves des concours.

D'autre part, des études [7, 8], démontrent que l'apprentissage est plus efficace quand l'étudiant·e est actif·ve. Par exemple, se tester plutôt que réviser passivement permet de passer de 35% de rétention de connaissance après une semaine à plus de 80%.

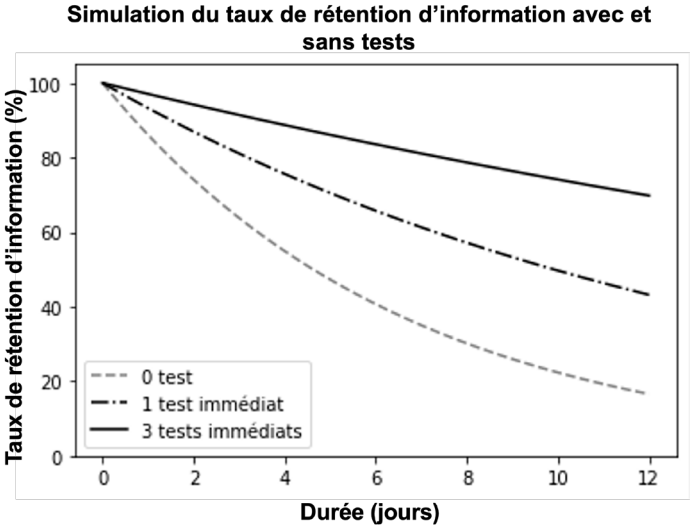
4. Cepeda, N. J. ; Pashler, H. ; Vul, E. ; Wixted, J. T. ; & Rohrer, D. ; *Distributed practice in verbal recall tasks : A review and quantitative synthesis*, Psychological Bulletin, **2006**.

5. Cepeda, N. J. ; Vul, E. ; Rohrer, D. ; Wixted, J. T. ; & Pashler, H. *Spacing effects in learning : A temporal ridgeline of optimal retention*, Psychological Science, **2008**.

6. Amin, H. ; Malik, A. S. ; et *al. Human memory retention and recall processes : A review of EEG and fMRI studies.* Neurosciences Journal. **2013**.

7. Roediger, H. L ; Karpicke, J. D ; *Test-enhanced learning : Taking memory tests improves long-term retention.*,Psychological Science, **2006**.

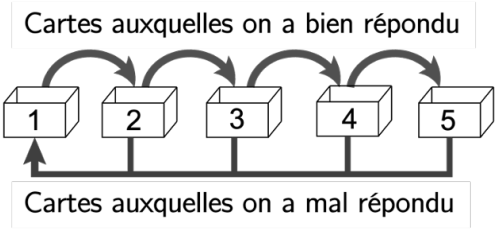
8. Wing, E. A. ; Marsh, E. J. ; & Cabeza, R ; *Neural correlates of retrieval-based memory enhancement : An fMRI study of the testing effect.* Neuropsychologia, **2013**.



Cette simulation démontre bien l'efficacité de la pratique du test. Dans cette étude, le test consiste à un « rappel libre » c'est-à-dire que les participant·es devaient écrire tout ce dont il·le·s se souvenaient sur une feuille blanche sans aucune aide. Les efforts fournis pour se souvenir permettent d'ancrer l'information et de mieux la mémoriser.

On ne peut alors qu'imaginer le potentiel de cumuler l'apprentissage par le test et les rappels régulier pour réactiver les connaissances.

Leitner a mis au point une méthode pour combiner ces deux facteurs [9]. Pour cela, il faut disposer de cinq boîtes numérotées. On place des questions ou des formules sur des cartes et on tire au sort une carte. Si la réponse donnée à la question est juste, on place la carte dans la boîte suivante, sinon, la carte retourne dans la première boîte. Ce principe est illustré sur la figure suivante [10].



Ainsi, les cartes difficiles sont très souvent testées et les cartes faciles le sont moins souvent.

9. Leitner, S ; *So lernt man lernen : Der Weg zum Erfolg*. Freiburg : Herder. **1972**.
10. Zirguezi.[Image SVG]. Wikimedia Commons. `https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leitner_system_alternative.svg`, **2012**.

Pour un apprentissage efficace, on peut par exemple se tester avec la régularité suivante.

- ◇ Boîte 1 : tous les jours ;
- ◇ Boîte 2 : deux fois par semaine ;
- ◇ Boîte 3 : une fois par semaine ;
- ◇ Boîte 4 : une fois par mois.

Nous pouvons également proposer la version numérique basée sur cette méthode qui est le logiciel Anki [11].

À la lumière de l'ensemble de ces études, on peut proposer une liste de méthodes à mettre en œuvre pour pouvoir se tester et ainsi être le plus performant possible aux concours mais aussi retenir durablement les notions étudiées.

Conseils pratiques

- ◇ Prendre une feuille blanche et y inscrire tout ce dont on se souvient, c'est le rappel libre ;
- ◇ Présenter les nouvelles notions à des personnes novices ;
- ◇ Répondre à des quiz (générés par intelligence artificielle par exemple) ;
- ◇ Utiliser la méthode des boîtes de Leitner ;
- ◇ Refaire les exercices et les devoirs sur table sans regarder le corrigé.

Nous pouvons également suggérer un planning [12] concret facilitant la mise en place des rappels espacés. Ce planning est à adapter en fonction des différentes échéances.

Temps	Tâche à réaliser	Boîte de Leitner (ou Anki)
Jour 0	Nouvelle notion, QCM et exercice 1	×
Jour 1	Rappel libre	1, 2, 3, 4
Jour 3	QCM et exercice 1	1, 2
Jour 7	Exercice 2	1, 3
3 semaines	Exercice 3 et rappel libre	1
9 semaines	Exercice 1	1, 2, 3, 4
15 semaines	Rappel libre	1, 2, 3, 4

11. `https://apps.ankiweb.net/`
12. Résultats empiriques non publiés communiqués par Emmanuel Albert, enseignant dans le secondaire et le supérieur, **2026**.

Index thématique

Transformations chimiques de la matière : aspects thermodynamique et cinétique

Thème \ Devoir	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Annale
Application du premier principe de la thermodynamique	×										×
Application du second principe de la thermodynamique		×									×
Grandeurs de réaction			×								×
Du protocole de laboratoire au procédé industriel				×							
Cinétique de transformations en réacteur ouvert					×						×
Étude thermique de transformations en réacteur ouvert						×					
Changement de phase de corps purs et de mélanges binaires							×				
Étude thermodynamique des réactions d'oxydo-réduction								×			×
Courbes courant-potentiel									×		×
Utilisation des courbes courant-potentiel										×	×

Constitution de la matière : modélisation quantique et réactivité

Thème \ Devoir	11	12	13	14	Annale
Les orbitales atomiques	×				×
Les orbitales moléculaires		×			
Structure et stabilité des complexes			×		
Activité catalytique des complexes				×	

Transformations de la matière en chimie organique

Thème \ Devoir	15	16	17	18	19	20	Annale
Additions électrophiles sur double liaison C=C	×						
Additions nucélophiles, départs nucléofuges		×					×
Conversion de groupes caractéristiques par oxydo-réduction			×				×
Réaction de Diels-Alder				×			
Réactivité nucléophile des énolates					×		×
Utilisation des organomagnésiens pour la synthèse d'alcools						×	×

DEVOIRS

Devoir 1

La magnésie - Application du premier principe de la thermodynamique

Thèmes et compétences abordés

Premier principe de la thermodynamique appliqué aux systèmes physico-chimiques
◇ Enthalpie standard ◇ Loi de Hess ◇ État standard de référence ◇ Enthalpie standard de dissociation ◇ Enthalpie standard de changement d'état ◇ Variation de température lors d'une transformation monobare adiabatique ◇

L'oxyde de magnésium, également appelé magnésie, est très utile pour les athlètes car il permet une meilleure adhérence par absorption de la transpiration. Nous nous proposons dans ce devoir d'étudier la réaction de formation de ce cristal ainsi que son énergie réticulaire.

Données : À 298 K,

Enthalpie standard de formation	$Mg_{(s)}$	$O_{2(g)}$	$MgO_{(s)}$
$\Delta_f H^\circ$ ($kJ{\cdot}mol^{-1}$)	0	0	-602

Capacité calorifique molaire	$C^\circ_{p,m,MgO_{(s\ ou\ l)}} =$	41 $J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}$
Enthalpie standard de fusion de MgO	$\Delta_{fus}H^\circ_{MgO_{(s)}} =$	77 $kJ{\cdot}mol^{-1}$
Température de fusion de MgO	$T_{fus} =$	3 073 K
Enthalpie standard de sublimation	$\Delta_{sub}H^\circ_{Mg} =$	147 $kJ{\cdot}mol^{-1}$
Enthalpie standard de dissociation	$\Delta_{diss}H^\circ_{O_2} =$	495 $kJ{\cdot}mol^{-1}$

Enthalpie standard de première ionisation Associée à la réaction $Mg_{(g)} \rightarrow Mg^+_{(g)} + e^-$	$\Delta_{ion,1}H^\circ_{Mg}$ 738 $kJ{\cdot}mol^{-1}$
Enthalpie standard de deuxième ionisation Associée à la réaction $Mg^+_{(g)} \rightarrow Mg^{2+}_{(g)} + e^-$	$\Delta_{ion,2}H^\circ_{Mg}$ 1 451 $kJ{\cdot}mol^{-1}$
Enthalpie standard de 1^{er} attachement électronique Associée à la réaction $O_{(g)} + e^- \rightarrow O^-_{(g)}$	$\Delta_{att,1}H^\circ_{O}$ -141 $kJ{\cdot}mol^{-1}$
Enthalpie standard de 2^{e} attachement électronique Associée à la réaction $O^-_{(g)} + e^- \rightarrow O^{2-}_{(g)}$	$\Delta_{att,2}H^\circ_{O}$ 844 $kJ{\cdot}mol^{-1}$

(1) Donner l'équation de la réaction de formation de l'oxyde de magnésium solide, $MgO_{(s)}$, notée (R).

(2) Justifier le fait que les enthalpies standard de formation du dioxygène gazeux et du magnésium solide sont nulles à 298 K.

(3) Déterminer l'enthalpie standard de la réaction (R) à 298 K. Commenter.

On réalise la réaction (R) sous une pression de 1 bar. On introduit les réactifs dans les proportions stœchiométriques à 298 K.

(4) Déterminez la température finale du système en supposant que le produit reste solide.

(5) Commenter ce résultat.

(6) Déterminer la température finale du système en prenant en compte la fusion du produit. Commenter.

L'énergie réticulaire caractériste la stabilité d'un cristal : plus sa valeur absolue est élevée, plus le cristal est stable. Une première approximation consiste à considérer que l'énergie réticulaire est égale à l'enthalpie standard de la réaction de formation d'une mole du cristal à partir de ses ions constitutifs pris dans leur état gazeux.

(7) Déterminer l'énergie réticulaire, E_{ret}, de l'oxyde de magnésium $MgO_{(s)}$.

(8) L'énergie réticulaire du chlorure d'argent est de -910 $kJ.mol^{-1}$. Commenter.

Devoir 2

L'eau dans tous ses états - Application du second principe de la thermodynamique

Thèmes et compétences abordés

Second principe de la thermodynamique appliqué aux systèmes physico-chimiques
◇ Potentiel chimique d'un gaz parfait ◇ Potentiel chimique d'une phase condensée ◇ Potentiel chimique d'une solution ◇ Entropie ◇ Relation de Boltzmann ◇ Phénomène d'osmose ◇

Nous nous intéressons ici à l'eau dans tous ses états : liquide, vapeur et en tant que solvant. Nous étudierons également le phénomène d'osmose.

Données : À 298 K

	P^0=10^5 Pa = 1 bar
Constante des gaz parfaits	R = 8,3 $J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}$
Constante de Boltzmann	k_B = 1,4 $\times 10^{-23}$ $m^2{\cdot}kg{\cdot}s^{-2}{\cdot}K^{-1}$

	μ_l^0	μ_g^0
Potentiels chimiques standard ($kJ{\cdot}mol^{-1}$)	-237	-228

On s'intéresse dans un premier temps à l'équilibre entre l'eau liquide est l'eau vapeur :

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

1. Intérepréter qualitativement pourquoi l'entropie de l'eau vapeur est plus élevée que l'entropie de l'eau liquide.
2. En considérant le gaz comme parfait, retrouver l'évolution du potentiel chimique de l'eau en phase vapeur en fonction du potentiel standard de référence, de la constante des gaz parfait, de la température, de la pression et de la pression standard.
3. Donner, sans démonstration, l'expression du potentiel chimique de l'eau en phase condensée. On négligera l'influence de la pression.
4. Expliquer dans quel sens l'équilibre va se déplacer sous une pression de 1 bar en se basant sur les potentiels chimiques.

La pression atteinte par le système en équilibre est appelée pression de vapeur saturante, P_{sat}.

5. Déterminer l'expression de P_{sat} puis faire l'application numérique à T = 298 K.

On dissout du chlorure de sodium dans l'eau.

6. En considérant le mélange idéal, donner l'expression du potentiel chimique de l'eau pure en fonction de x la fraction molaire en Na^+. En déduire que