BCPST 1

PHYSIQUE CHIMIE

1 DEVOIR CORRIGÉ PAR SEMAINE



avec corrigés commentés

Caroline Bérenger
Jennifer Dupont
Bérangère Godde
Charles-Édouard Lecomte

ellipses

BCPST1

Physique Chimie



Caroline BÉRENGER
enseignante en CPGE AVPB
(Agro-Véto post BTSA/BTS)
au lycée Olivier de Serres, Quetigny

Jennifer DUPONT
enseignante en CPGE BCPST1
au lycée Henri IV, Paris

Bérangère GODDE
enseignante en BTS Métiers
de la Chimie au lycée Pierre Gilles
de Gennes (ENCPB), Paris

Charles-Édouard LECOMTE
enseignant en CPGE MPSI
au lycée Albert Schweitzer, Le Raincy

ellipses

Conception graphique couverture : Nathalie FOULLOY

ISBN 9782340-120983

Dépôt légal : septembre 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

Introduction. Ce recueil propose trente résolutions de problèmes ouverts de physique-chimie, conçus pour accompagner les étudiants de première année de BCPST tout au long de leur année scolaire, à raison d'un exercice par semaine. L'objectif est double : consolider les acquis du cours et développer progressivement des compétences de raisonnement, de modélisation et de résolution de problèmes. Les exercices couvrent l'ensemble des grands thèmes du programme, aussi bien en physique qu'en chimie.

Indications en début d'exercice. Afin d'aider l'étudiant à organiser son travail et à mieux cibler ses efforts, chaque exercice est précédé de plusieurs indications :

— durée de résolution conseillée : plutôt qu'un temps chiffré, une estimation est donnée sous forme de un à quatre symboles 🕒. Ce système permet d'indiquer l'ampleur du travail attendu sans imposer de contrainte trop rigide, les rythmes de résolution pouvant varier d'un étudiant à l'autre. Une seule horloge correspond à un exercice court et direct, tandis que quatre horloges demandent davantage de réflexion et plusieurs étapes de résolution.

— Difficulté : une indication qualitative (de un à trois symboles ⚙) est fournie pour situer l'exercice. Elle doit être comprise comme un repère et non comme une étiquette définitive, chaque étudiant pouvant rencontrer des difficultés différentes selon ses acquis.

— Notions travaillées : nous nous référons aux thèmes du programme officiel de physique-chimie de BCPST-1 (réforme 2021) : le tableau thématique qui suit indique quels points sont abordés dans quels devoirs.

Encadrés « Pour bien démarrer ». À la suite de l'énoncé, des encadrés intitulés « Pour bien démarrer » proposent une aide ciblée. Ils peuvent contenir :

— des rappels de cours essentiels pour aborder la question,

— des conseils méthodologiques,

— des indications pour orienter la réflexion.

Ces encadrés ne constituent pas une solution, mais un appui destiné à débloquer la démarche initiale. Leur utilisation doit rester progressive : il est recommandé de tenter d'abord une résolution autonome avant de s'y référer.

Corrigés. Les corrigés détaillés et commentés sont regroupés dans une seconde partie de l'ouvrage. Ils contiennent des approfondissements et parfois des analyses d'extraits de copies d'élèves.

Bonne lecture et bon courage !

Sommaire

Tableau thématique 5

Conseils pour aborder une résolution de problème 8

Devoirs

- Devoir 1 13
- Devoir 2 16
- Devoir 3 19
- Devoir 4 21
- Devoir 5 24
- Devoir 6 28
- Devoir 7 30
- Devoir 8 33
- Devoir 9 35
- Devoir 10 38
- Devoir 11 41
- Devoir 12 43
- Devoir 13 46
- Devoir 14 48
- Devoir 15 52
- Devoir 16 54
- Devoir 17 57
- Devoir 18 60
- Devoir 19 63
- Devoir 20 66
- Devoir 21 69
- Devoir 22 73
- Devoir 23 78
- Devoir 24 81
- Devoir 25 85
- Devoir 26 89
- Devoir 27 93
- Devoir 28 96
- Devoir 29 101
- Devoir 30 103

Corrigés

- Corrigé du devoir 1 109
- Corrigé du devoir 2 112
- Corrigé du devoir 3 116
- Corrigé du devoir 4 118
- Corrigé du devoir 5 123
- Corrigé du devoir 6 126
- Corrigé du devoir 7 128
- Corrigé du devoir 8 131
- Corrigé du devoir 9 136
- Corrigé du devoir 10 138
- Corrigé du devoir 11 141
- Corrigé du devoir 12 143
- Corrigé du devoir 13 146
- Corrigé du devoir 14 149
- Corrigé du devoir 15 151
- Corrigé du devoir 16 155
- Corrigé du devoir 17 160
- Corrigé du devoir 18 163
- Corrigé du devoir 19 167
- Corrigé du devoir 20 170
- Corrigé du devoir 21 173
- Corrigé du devoir 22 179
- Corrigé du devoir 23 185
- Corrigé du devoir 24 189
- Corrigé du devoir 25 195
- Corrigé du devoir 26 199
- Corrigé du devoir 27 204
- Corrigé du devoir 28 210
- Corrigé du devoir 29 214
- Corrigé du devoir 30 217

Tableau thématique

Nous nous référons aux thèmes du **programme officiel 2021**.

- Formation expérimentale :

  Exp.1 Mesures et incertitudes.

  Exp.2 Mesure de grandeurs physiques.

  Exp.3 Synthèses chimiques.

  Exp.4 Analyses qualitatives et quantitatives.

  Exp.5 Prévention des risques en laboratoire.

- Contenus thématiques du premier semestre :

  E.1 Descriptions microscopique et macroscopique d'un système.

  E.2 Bilans d'énergie pour un système thermodynamique.

  S.1 Propagation d'un signal physique.

  S.2 Signaux électriques en régime stationnaire.

  C.1 Constitution et cohésion de la matière à l'échelle des entités chimiques.

  C.2.1 Prévoir l'état final d'un système siège d'une transformation chimique.

  C.2.2 Transformations modélisées par des réactions acide-base.

  C.2.3 Transformations modélisées par des réactions d'oxydo-réduction.

- Contenus thématiques du second semestre :

  M.1 Description et paramétrage du mouvement d'un point.

  M.2 Lois de Newton.

  C.3 Constitution de la matière : relation entre structure des entités chimiques et propriétés.

  C.4 Transformations de la matière : évolution temporelle d'un système.

  C.5 Transformations de la matière en chimie organique.

  S.3 Dynamique d'un circuit électrique du premier ordre.

  E.3 Formulation et application des principes de la thermodynamique à l'étude des machines thermiques.

  E.4 Statique des fluides.

  T.1 Transport de matière diffusif.

Devoirs de physique du premier semestre.

	E.1	E.2	S.1	S.2	C.1	Exp.2
Pb 1	•					
Pb 2		•				
Pb 3	•	•				
Pb 4		•				
Pb 5			•			
Pb 6			•			
Pb 7				•		
Pb 8				•		•
Pb 9			•		•	

Devoirs de chimie du premier semestre.

	C.1	C.2.1	C.2.2	C.2.3	Exp.1	Exp.2	Exp.4
Pb 10	•						
Pb 11	•						
Pb 12					•	•	
Pb 13		•					
Pb 14			•				•
Pb 15			•				
Pb 16				•			•
Pb 17				•			

Devoirs de physique du second semestre.

	M.1	M.2	S.2	E.2	E.3	E.4	T.1	Exp.1	Exp.2
Pb 18	•	•							
Pb 19		•							
Pb 20		•						•	•
Pb 21	•	•							
Pb 27			•						•
Pb 28				•	•				
Pb 29						•			
Pb 30							•	•	

Devoirs de chimie du second semestre.

	C.1	C.3	C.4	C.5	Exp.3	Exp.4	Exp.5
Pb 22			•			•	
Pb 23			•				
Pb 24		•			•		•
Pb 25				•			
Pb 26	•			•			

Conseils pour aborder une résolution de problème

Les énoncés des devoirs contiennent des documents qui se rapportent à une question ouverte. Ce type de question constitue une tâche complexe et demande une phase d'élaboration de la démarche et d'organisation des idées avant de formuler une réponse.

La résolution d'un problème ouvert peut s'articuler autour des cinq compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique, listées au programme officiel.

S'approprier et problématiser. En fonction de l'énoncé, on commencera l'approche d'un problème par :

— extraire l'information de l'énoncé : on donnera également une notation lisible (qui permet d'identifier de quel grandeur on parle) et non ambiguë (qui ne correspond qu'à une grandeur précisément définie) aux grandeurs listées dans l'énoncé ;

— faire un schéma modèle (en particulier en électronique et en mécanique où c'est indispensable) ;

— relier le problème posé à des situations déjà rencontrées en cours, en travaux dirigés ou en travaux pratiques.

Analyser. Après cette première phase d'appropriation, il faut établir la stratégie de résolution :

— identifier les différentes étapes de la résolution du problème, le décomposer en des problèmes plus simples ;

— ne pas hésiter pas à écrire des idées au brouillon, en particulier, écrire les principales propriétés du cours relatives au problème abordé. Il est important d'écrire car il n'est pas évident de mobiliser les bons arguments dans sa mémoire de travail si on ne sait pas où aller. Ne pas chercher à aller trop vite et enjamber cette étape.

— estimer si possible avec vos connaissances l'ordre de grandeur de la quantité recherchée (si l'énoncé demande une valeur numérique) ;

— formuler des hypothèses ;

— définir proprement le système étudié.

Réaliser. Mener alors la résolution : calculs analytiques et/ou numériques.

Valider. C'est une étape importante. Il faut avoir un regard critiques sur vos résultats :

— vérifier la pertinence du résultat : homogénéité, ordre de grandeur, dépendance en fonction d'autres paramètres ;

— revenir sur les différentes hypothèses faites pendant la résolution et examiner leur validité ;

— se demander enfin comment améliorer la résolution.

Communiquer. Il faut prendre le temps de rédiger proprement et de façon synthétique votre résolution :

— structurer la réponse en paragraphes, chacun correspondant à l'une des grandes étapes du raisonnement ;

— définir avec soin chaque grandeur utilisée, utiliser un vocabulaire précis ;

— utiliser les bons arguments et ne citer que ceux-là ;

— vérifier les hypothèses avant d'utiliser une propriété du cours ;

— distinguer un raisonnement / un calcul (avec les connecteurs logiques « donc », « par conséquent », « ainsi », « d'où ») d'une nouvelle hypothèse (avec « or », « par définition de », « d'après le principe de », etc.). Toute réponse doit être justifiée et il faut nommer les lois utilisées.

— encadrer la formule littérale obtenue (en fonction des données de l'énoncé dans la mesure du possible). Procéder à l'application numérique ensuite, en prenant garde aux conversions.

DEVOIRS

Dératisation

— Durée de résolution conseillée : 🕘🕘🕘🕘

— Difficulté : ⚙⚙⚙⚙

— Notions travaillées : description microscopique et macroscopique d'un système.

Le rat brun est une espèce qui prolifère particulièrement rapidement dans les centre-villes. Des campagnes de dératisation sont souvent organisées par les mairies afin de limiter le nombre de rongeurs. Une technique récente de dératisation consiste à déposer du dioxyde de carbone solide, aussi appelé carboglace, dans les terriers des rats et d'en reboucher les entrées de sorte à les asphyxier. Cette méthode permet de ne pas utiliser de raticides chimiques qui pollueraient les sols et de ne pas manipuler les cadavres.

Un agent de la municipalité en charge de la dératisation d'un jardin public se pose la question de la quantité de carboglace qu'il doit déposer dans chaque terrier. Il s'agit d'en mettre suffisamment pour que les jardins soient correctement dératisés mais pas trop de sorte à ne pas gaspiller la carboglace.

Le dioxyde de carbone est mortellement toxique pour les mammifères lorsqu'il atteint une proportion dans l'air $3 \cdot 10^5$ ppm durant quelques minutes.

Document 1 – Diagramme (P,T) du dioxyde de carbone.

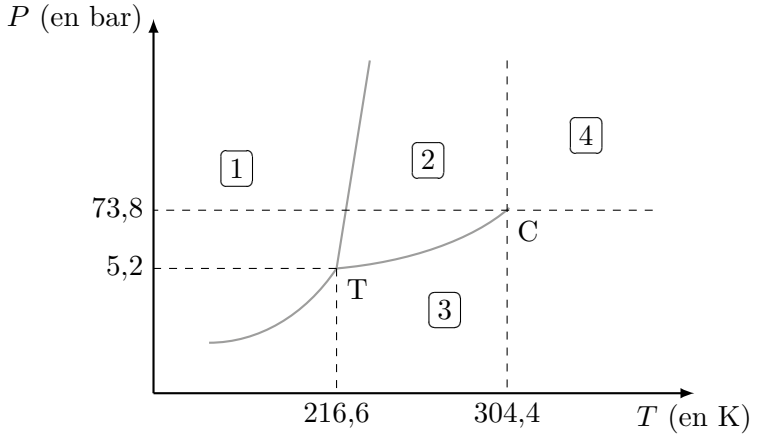
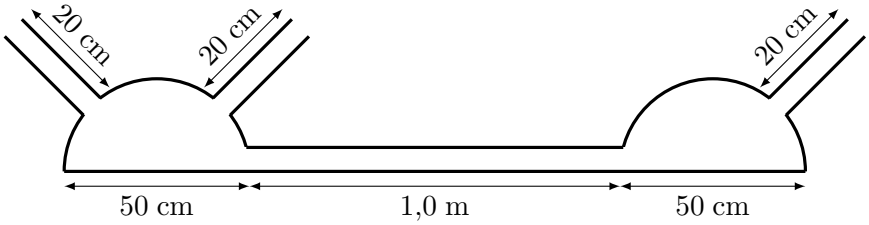


FIGURE 1 – Diagramme (P, T) du dioxyde de carbone

Document 2 – Description d'un terrier de rat brun.

L'entrée d'un terrier de rat brun est un trou circulaire d'environ 8 cm de diamètre. Il est composé d'au moins deux cavités : le nid permettant d'abriter jusqu'à une dizaine de rats et la réserve de nourriture. Il comporte au moins deux sorties pour faciliter la fuite des rats. La profondeur de ces terriers varie mais est de l'ordre d'une vingtaine de centimètres en moyenne. On considèrera le terrier ci-dessous :



Document 3 – Mode opératoire.

— La carboglace utilisée est conditionnée en bâtonnets cylindriques de 16 mm de diamètre et 40 mm de hauteur et de masse 12,5 g. Les bâtonnets sont maintenus à environ -80 °C dans des boites isothermes.

— Les bâtonnets de carboglace sont introduits dans le terrier.

— Les terriers sont ensuite rebouchés grossièrement pour éviter la fuite des rats. Le bouchon doit laisser passer l'air pour éviter une surpression dans le terrier.

Quel est le nombre minimal de bâtonnets de carboglace à introduire dans un terrier afin de garantir l'efficacité de la dératisation ?

Données :

— constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

— masse molaire du dioxyde de carbone : $M = 44{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$;

— 1 ppm correspond à 1 partie par million, soit 0,0001 % en nombre.

Pour bien démarrer

Rappel de cours

L'équation d'état des gaz parfaits lie les paramètres décrivant l'état d'un gaz parfait :

$$PV = nRT$$

avec P la pression du gaz (en Pa), V le volume occupé par le gaz (en m^3) ; n la quantité de matière de gaz (en mol) ; R la constante des gaz parfaits (en $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$) et la température du gaz (en K).

Indications

- Le dioxyde de carbone est mortellement toxique lorsqu'il atteint 300 000 ppm, c'est à dire 30 % en nombre. Cela correspond à une fraction molaire $x_{CO_2} = 0{,}3$ qui dépend du nombre de bâtonnets introduits dans le terrier.

- Les terriers sont rebouchés après introduction des bâtonnets pour éviter la fuite des rats mais le terrier ne constitue, malgré tout, pas un système fermé. L'air peut s'en échapper donc le terrier est en équilibre mécanique avec l'air extérieur.

  On pourra considérer que l'air qui s'échappe est de l'air à la composition atmosphérique et non de l'air enrichi en CO_2.

Devoir 2

Prendre un bain au XIX^{e} siècle

— Durée de résolution conseillée : 🕐🕐🕐🕐

— Difficulté : ⚙⚙⚙

— Notions travaillées : bilans d'énergie pour un système thermodynamique.

Au début du XIX^{ème} siècle, des épidémies, comme celle de choléra en 1832, touchent encore durement les populations. Peu à peu, les médecins font le lien entre les conditions de vie insalubres et les décès par maladie : c'est le développement du mouvement hygiéniste. À Paris, la construction du canal de l'Ourcq, débutée en 1802 et terminée en 1815, permet de fournir Paris en eau potable. Sous le Second Empire, l'eau courante entame son ascension dans les immeubles et de plus en plus d'appartements disposent de l'eau courante.

Se multiplient alors les salles de bains et en particulier les baignoires. Le développement de la métallurgie à cette époque permet aussi de fabriquer des baignoires à un coût qui devient accessible à des ménages de plus en plus nombreux. Les baignoires sont alors en fonte émaillée, une fonte recouverte d'une fine couche d'émail vitrifié, appliqué à très haute température. Ce revêtement, outre son intérêt esthétique (variété de couleurs et de motifs), a pour but de protéger la fonte de la corrosion et permet d'avoir une surface plus lisse donc plus facile à nettoyer.

La baignoire est alors alimentée par deux robinets : un d'eau froide relié directement au réseau et un d'eau chaude relié à une chaudière.

Dans ce problème, on considèrera que l'eau du réseau municipal est à 15 °C et l'eau sortant de la chaudière est à 70 °C. Enfin, on pourra considérer qu'il fait 19 °C dans la salle de bain.

Document 1 – Description d'une baignoire fin XIX$^{\text{ème}}$.

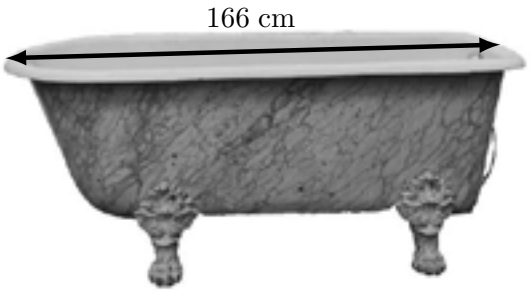
Caractéristiques de la baignoire.

— Matériau : fonte émaillée.

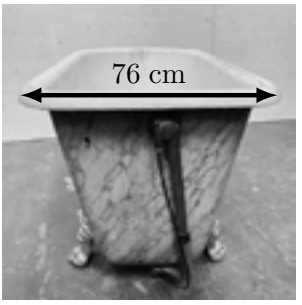
— Encombrement : hauteur : 69 cm ; largeur : 76 cm et longueur 166 cm.

— Masse à vide : 95 kg.

Photographies. L'échelle est différente pour les deux photos :



Vue de côté



Vue de devant

Déterminer les volumes d'eau chaude et d'eau froide à verser pour préparer un bain à 35 °C.

Données :

— la capacité thermique massique de l'eau : $c_\ell = 4{,}18\ \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

— la capacité thermique massique de la fonte : $c_b = 410\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

— la masse volumique de l'eau : $\rho = 1{,}00 \cdot 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Pour bien démarrer

Rappel de cours

Les variations d'énergie interne et d'enthalpie d'une phase condensée en l'absence de changement d'état sont égales, avec :

$$\Delta U = \Delta H = mc\,(T_f - T_i)$$

pour une masse m d'un composé de capacité thermique massique c passant d'une température T_i à une température T_f.

Méthode

Il faut prendre soin de définir précisément le système thermodynamique (ce qui est dedans et ce qui n'y est pas) et caractériser la transformation qu'il subit.

Indications

- La préparation du bain est rapide, le transfert thermique vers la pièce est négligeable.

- Utiliser les photographies pour estimer le volume d'eau à préparer pour le bain. Ne pas oublier que le baigneur doit rentrer, il ne faut pas remplir la baignoire à ras bord.

Chaufferettes physiques

— Durée de résolution conseillée : 🕐🕐🕐🕐

— Difficulté : ⚙⚙⚙

— Notions travaillées : descriptions microscopique et macroscopique d'un système (changements d'état), bilans d'énergie pour un système thermodynamique.

Une chaufferette physique est constituée d'une pochette contenant une solution aqueuse saturée en acétate de sodium en surfusion (c'est-à-dire à l'état liquide en dessous de la température de fusion, celle-ci étant d'environ 55 °C pour une solution à 20 %), et une plaquette métallique. En tordant cette plaquette, on libère des germes d'acétate solidifié, coincés dans les rugosités de celle-ci, qui déclenchent la cristallisation, et la solution devient solide. La chaufferette est alors à la température de changement d'état tant qu'il reste du liquide et permet de se réchauffer les mains ou les pieds pendant une randonnée en montagne par temps très froid.



On dispose d'une chaufferette du commerce comportant 101,6 g de solution d'acétate de sodium. La température ambiante est de 20,1 °C. Après cristallisation, il y a 27,0 g de liquide restant. On mesure une température de 55,2 °C.

Déterminer l'enthalpie massique de fusion de la solution d'acétate de sodium à 20 %.

Données :

— la capacité thermique massique du solide : $c_s = 3{,}31\ \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

— la capacité thermique massique du liquide : $c_\ell = 3{,}06\ \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.