

Ce devoir maison, à rédiger individuellement dans des copies doubles (de préférence à petits carreaux), est à rendre le mercredi 05/11/25 à 10:00. La première page du DM, comportant nom, prénom, classe et titre du devoir rendu, sera laissée vierge pour les commentaires du correcteur.

Tout retard sera pénalisé.

L'évaluation de ce DM se fera avec une appréciation, qui se traduira par une bonus ou par un malus respectivement en cas de bon à excellent travail ou de travail insuffisant. Ce dernier sera répercuté sur la note du DS N° 2 le cas échéant.

Conseils de rédaction et de préparation du devoir

Ces deux problèmes, de difficulté moyenne, reflète le niveau attendu au concours dans les domaines balayés.

Le problème N° 2 est à réaliser SANS CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DE MENDELEÏEV des éléments chimiques, afin de vous placer dans les conditions de l'examen.

Il est possible d'y avoir recours dans un second temps, afin de valider ses réponses, mais privilégiez une approche autonome sans classification dans un premier temps, afin de vous confronter à la difficulté et de faire le point sur ce que vous savez faire.

Il est donc préférable de commencer ce DM seul, sans cours, dans un premier temps, en ne bloquant pas plus de quinze minutes par question. Solliciter ensuite de l'aide auprès d'un camarade ou de l'enseignant.

Soignez la rédaction dans chacune de vos réponses, sans pour autant surcharger les réponses. Référez-vous à ce sujet aux remarques que je vous ai adressées dans ma correction de votre DM N° 1, qui indique vos axes de progression à ce sujet (s'il y en a).

Veillez à présenter correctement les calculs (cf. Préliminaires ; relation littérale encadrée, A.N. avec données numérique puis résultat encadré [avec le bon nombre de CS et l'unité de mesure adéquate]).

Je reste à votre disposition à la fin des créneaux de cours ou par courriel à quentin.bouteille@assomption-lyon.org pour toute question relative à ce devoir.

Chapitre 2S

Problème N° 1 : Régulation d'un climatiseur

En pratique, un système de refroidissement ne fonctionne pas en permanence. Un système de régulation met la climatisation en marche en fonction des besoins. On étudie ici deux montages électriques permettant de réaliser cette fonction. Le régulateur nécessite la présence d'un capteur thermique. On choisit une résistance de type CTN (Coefficient de Température Négatif) dont la résistance $R(T)$ est de la forme

$$R(T) = R_0 e^{(a/T)} \quad (5.1)$$

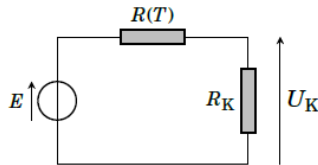
où T est la température en kelvin (K).

1. Quand on passe de $t_1 = 0^\circ\text{C}$ à $t_2 = 50^\circ\text{C}$, la résistance varie respectivement de 5000Ω à 100Ω .
Calculer R_0 et a .
2. Quelle est la valeur de la résistance du capteur lorsque $T = 293\text{ K}$?

Tous les montages qui suivent font intervenir un relais (K) qui commande la climatisation. La résistance propre du relais est $R_K = 100\ \Omega$. La plage d'enclenchement du relais est comprise entre 1,5 V et 3,0 V. Cela signifie que :

- si la tension U_K aux bornes du relais est inférieure à 1,5 V, alors le relais est ouvert et la climatisation arrêtée ;
- si la tension U_K aux bornes du relais est supérieure 3,0 V, alors le relais est fermé et la climatisation fonctionne ;
- entre 1,5 V et 3,0 V, la fermeture peut se produire de façon aléatoire.

On envisage le montage ci-dessous où la résistance est à la température du local climatisé.



3. Comment appelle-t-on ce type de montage ? Calculer E pour que la tension U_K soit égale à 2,25 V lorsque $T = 293\text{ K}$. Expliquer le choix de 2,25 V.
4. Calculer les températures $T_{(1,5V)}$ et $T_{(3V)}$ correspondant aux tensions $U_K = 1,5\text{ V}$ et $U_K = 3,0\text{ V}$. Décrire le comportement du système de climatisation. Commenter.

Pour améliorer le système de régulation, on peut utiliser un montage électronique comportant un transistor. Le traitement des questions qui suivent ne suppose aucune connaissance préalable sur le transistor.

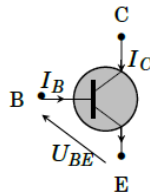
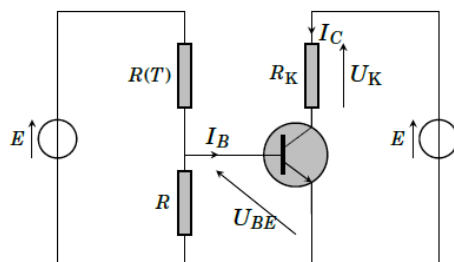


Fig. 5.1 – Schéma du transistor bipolaire PNP

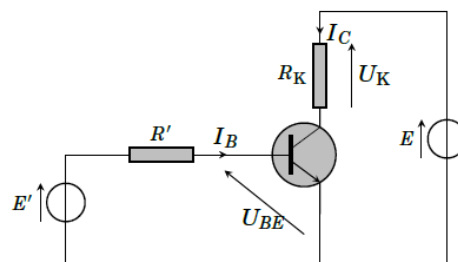
Le transistor schématisé sur la figure 5.1 est un composant électronique à 3 bornes : B (base), E (émetteur) et C (collecteur). En fonctionnement normal, le transistor impose les relations :

$$U_{BE} = 0,6\text{ V} \quad \text{et} \quad I_C = \beta I_B \quad \text{avec} \quad \beta = 100$$

5. On réalise alors le montage (a) ci-dessous. Déterminer les valeurs de E' et de R' en fonction de E , R et $R(T)$ pour que le montage (b) soit équivalent au montage réel (a).



Montage (a)



Montage (b)

6. On prend $E = 12\text{ V}$. Déterminer la valeur qu'il faut donner à R pour que $U_K = 2,25\text{ V}$ quand $T = 293\text{ K}$.
 | **Indication** : on pourra calculer I_C puis I_B et en déduire l'équation que vérifie $R(T)$.
7. Calculer alors les températures $T_{(1,5V)}$ et $T_{(3V)}$ correspondant aux tensions $U_K = 1,5\text{ V}$ et $U_K = 3,0\text{ V}$. Commenter.

Chapitres 1Ci et 1Cii

Problème N° 2 : Le soufre et les composés soufrés

Étude particulière du soufre : élément et corps simples

Le soufre est un élément qui était déjà connu dans l'Antiquité, car on peut le trouver à l'état natif au voisinage des zones volcaniques. C'est vers la fin des années 1770 qu'Antoine Lavoisier attribue au soufre le statut d'élément chimique. Il est présent dans plusieurs composés et, avec le sel, la chaux, la houille, le pétrole, est l'une des matières premières de base de l'industrie chimique. Quatre-vingt-onze pour cent de sa production fut utilisée pour la fabrication d'acide sulfurique en 2014, le reste étant utilisé sous forme de soufre pur ou combiné dans, par exemple, les allumettes, les fongicides, les peintures, la poudre noire, les médicaments ou pour la vulcanisation du caoutchouc.

La production mondiale, qui vient en grande partie de gisements de soufre natif et, pour plus du quart, du gaz naturel, des gaz industriels et du pétrole, a au moins été multipliée par cinquante depuis le début du siècle. Le soufre se trouve également, en grande quantité, associé à d'autres éléments chimiques sous formes de sulfures ou de sulfates.

Voici deux extraits de l'article Wikipédia consacré au soufre¹ :

Le soufre est l'élément chimique de numéro atomique 16, de symbole S. Deuxième membre du groupe des chalcogènes, c'est un non-métal multivalent abondant.

Le corps simple soufre est un non-métal d'aspect jaune pâle. Il brûle avec une flamme bleue qui émet une odeur particulièrement suffocante (le dioxyde de soufre SO₂). Il est insoluble dans l'eau et dans la plupart des solvants polaires, mais est soluble dans les solvants apolaires et fortement dans le disulfure de carbone (CS₂). Il se trouve natif dans la nature, éventuellement dans des gisements d'où il peut être extrait.

- 8) **Préciser** la différence que vous faites entre les concepts d'« élément chimique » et de « corps simple » évoqués dans les extraits de l'article Wikipédia reproduits ci-dessus.
- 9)
 - a. **Établir** la configuration électronique à l'état fondamental d'un atome de soufre.
 - b. La **représenter** sous la forme d'un diagramme d'énergie électronique, sur lequel apparaîtront les différentes orbitales atomiques impliquées dans la configuration étudiée. Aucune importance n'est accordée aux valeurs des écarts d'énergie entre orbitales : seul le classement énergétique des orbitales et leur remplissage seront pris en compte dans la notation.
 - c. **Préciser** alors si le soufre comporte des électrons célibataires.
 - d. **Définir** le concept d'électron de valence, puis les **identifier** dans la configuration électronique fondamentale d'un atome de soufre. **Prévoir** la formule de l'ion monoatomique formé spontanément à partir d'un atome de soufre.
 - e. **Déterminer** la position du soufre dans la classification périodique, c'est-à-dire ses numéros de période et de colonne, en justifiant votre réponse.
- 10)
 - a. **Rappeler** la définition de l'électronégativité χ . **Préciser** sa dimension.
 - b. Les éléments chimiques magnésium (Mg), aluminium (Al), soufre (S) et argon (Ar) sont placés sur la même période de la classification périodique et furent cités par numéro atomique Z croissant. L'un d'eux n'a pas de valeur d'électronégativité de Pauling connue. **Préciser** lequel, en expliquant votre raisonnement. **Attribuer** les valeurs d'électronégativité de Pauling aux éléments chimiques restants : 1.31, 1.61 et 2.58.
- 11) Le soufre est constitué d'entités chimiques moléculaires cycliques de formule S₈, en forme de couronne.
 - a. Après **avoir établi** le schéma de Lewis de S₈, **justifier** la forme de cette structure en vous appuyant sur la méthode VSEPR, dont vous **rappellerez** en deux phrases maximum le concept. **Préciser** la mesure des angles mis en jeu au sein de la structure.
 - b. **Proposer** une explication à la faible solubilité du soufre dans l'eau pure.
 - c. Le soufre est cependant très soluble dans le disulfure de carbone CS₂. **Expliquer** pourquoi.

Étude de quelques dérivés soufrés

Les dérivés oxygénés du soufre

Donnée : Z(O) = 8 [numéro atomique de l'oxygène] ; $4.8 \text{ D} = 1.602 \times 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m}$ [conversion d'unités pour le moment dipolaire μ]

- 12) Les sulfites, de formule chimique SO₃²⁻, sont les sels de l'hypothétique acide sulfureux H₂SO₃. Possédant des propriétés antioxydantes et antibactériennes intéressantes, ils sont utilisés comme conservateurs dans l'industrie agroalimentaire.

¹ Dernière modification le 5 août 2025, consulté le 07/10/25.

- a. Les trois liaisons S – O de l'anion sulfite sont de même longueur : 151 pm. **Interpréter** cet observation expérimentale, en justifiant votre réponse.
- b. **Prévoir** si l'énergie de liaison d'une liaison S – O de l'anion sulfite SO_3^{2-} est plus ou moins élevée que celle d'une S – O du trioxyde de soufre SO_3 . **Justifier**.
- 13) Le dioxyde de soufre SO_2 est un gaz incolore, dense et toxique, dont l'inhalation est fortement irritante. Il est libéré dans l'atmosphère terrestre par les volcans. Également produit par de nombreux procédés industriels, il est soumis à des traitements chimiques, pour en limiter les rejets dans l'atmosphère.
- a. **Proposer** une structure de Lewis pour SO_2 .
- b. **Représenter** une liaison S – O de la molécule de SO_2 à l'aide du modèle de la liaison quantique. **Indiquer** la nature des recouvrement entre les orbitales atomiques mises en jeu, puis **nommer** le(s) doublet(s) de cette liaison S – O.
- c. **Déterminer** sa géométrie et la **représenter** en projection de Cram.
- d. On donne pour la molécule de SO_2 : $l(\text{S} - \text{O}) = 143.1 \text{ pm}$ [longueur de liaison] ; $\mu_{\text{global}} = 1.633 \text{ D}$ [norme du moment dipolaire global de la molécule]. **Déterminer** les charges partielles portées par chacun des atomes impliqués dans la molécule, ainsi que le pourcentage d'ionité d'une liaison S – O dans cette molécule dans le cadre du modèle de la liaison ionique. **Représenter** le moment dipolaire $\vec{\mu}_{\text{global}}$ sur une projection de Cram de SO_2 reflétant sa géométrie.

Chalcogènes et hydrogène

- 14)
- a. On rappelle : $Z(\text{S}) = 16$ [numéro atomique du soufre] ; le soufre est le deuxième membre de la famille des chalcogènes (cf. extrait d'article wikipédia fourni en début d'énoncé). **Donner** les numéros atomiques Z des troisième et quatrième éléments chimiques de cette famille chimique, que sont respectivement le sélénium (Se) et le tellure (Te). **Justifier**.
- b. **Prévoir** lequel de ces trois membres de la famille chimique des chalcogènes sera le plus volumineux. En **déduire** lequel sera le plus polarisable.

Document 1 | Liaison hydrogène (d'après JoVE, <https://shorturl.at/ZyYbh>, consulté le 09/10/25)

Une liaison hydrogène (LH) se forme lorsqu'un atome d'hydrogène H lié à un atome électronégatif A (par exemple, l'oxygène dans la molécule d'eau) est attiré par un autre atome électronégatif d'une autre molécule polaire, telle que l'eau (H_2O), le fluorure d'hydrogène (HF) ou l'ammoniac (NH_3). L'importante différence d'électronégativité entre l'atome H (2.2) et l'atome A auquel il est lié (4.0 pour F, 3.5 pour O ou 3.0 pour N), combinée à la faible taille d'un atome H, entraîne une forte polarisation de la liaison chimique A-H. Ainsi, les molécules comportant des fragments A-H avec $A = \text{F}, \text{O}$ ou N sont fortement attirées par des fragments similaires de molécules voisines, et participent à une interaction stabilisante dipôle-dipôle particulièrement forte, appelée liaison hydrogène (LH). La force des LH dépend de la polarisation de la liaison A-H : si A est peu électronégatif, la force des LH pouvant être établies diminue drastiquement, jusqu'à ce qu'elles deviennent éventuellement négligeables.

Les LH jouent un rôle de premier plan sur les propriétés des liquides et des solides. Par exemple, le point de fusion et le point d'ébullition de la méthylamine (CH_3NH_2) sont supérieurs à ceux de l'éthane (CH_3CH_3), bien que ces deux molécules soient de taille et de masse similaires. Contrairement à l'éthane, la méthylamine possède un groupe -NH, ce qui lui permet de former des LH. Les forces intermoléculaires sont ainsi plus importantes entre des molécules de l'espèce chimique méthylamine qu'entre molécules de l'espèce éthane, augmentant ses points de fusion et d'ébullition.

Document 2 | Forces d'interactions intermoléculaires entre molécules polaires comportant des atomes polarisables

D'autres forces intermoléculaires que les liaisons hydrogène existent.

Des molécules polaires comportant des atomes peu électronégatifs mais très polarisables, peuvent interagir entre elles par des forces d'interaction de type Van-der-Waals ou de Debye, ce qui a pour effet d'augmenter les forces intermoléculaires.

Tableau 1 | Point de fusion de composés formés entre l'hydrogène et des chalcogènes

Molécule	H_2O	H_2S	H_2Se	H_2Te
Point d'ébullition (°C)	100	-62	-50	-2

- 15)
- a. **Déterminer** la géométrie de la molécule de H_2S .
- b. À l'aide des documents 1 et 2 et sachant que l'oxygène (O) est le premier membre de la famille chimique des chalcogènes, **justifier** l'évolution des températures d'ébullition des molécules présentées dans le Tableau 1.
- c. Les angles entre les liaisons sont de 92.5° pour H_2S et de 104.5° pour H_2O . **Expliquer** cette différence.

Fin du DM ■