

# Préparation aux oraux

## TD1 – Cinétique chimique & Méca du point & Architecture de la matière

### 0 Notions et contenus – Capacités exigibles

#### 1 ➤ Exercice « académique » CCINP MP 2019 : Dioxyde d'azote

On considère la transformation modélisée par l'équation bilan ci-dessous, qui est une des nombreuses transformations se déroulant dans les gaz d'échappement des moteurs à explosion. Toutes les espèces sont à l'état gazeux.

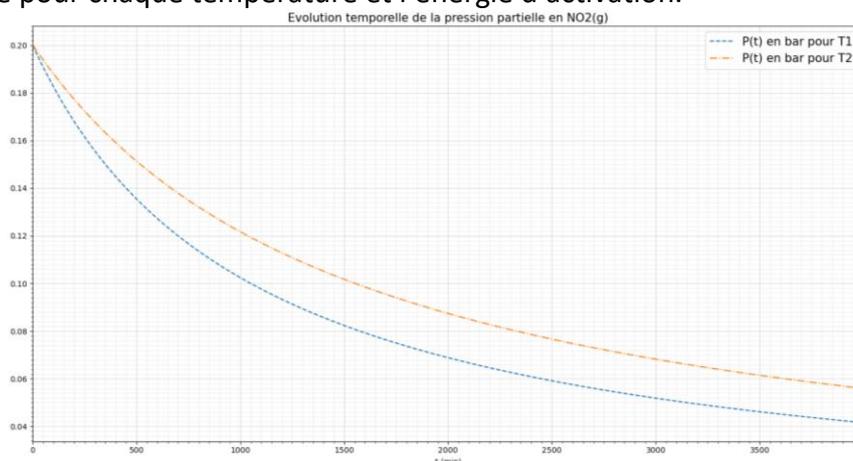


On souhaite étudier la cinétique de la transformation. Dans ce but, on réalise plusieurs expériences à différentes concentrations initiales et on mesure la vitesse initiale  $v_0$  de la réaction. Les résultats sont reportés figure 1.

Expérience	$[\text{CO}]_0$ (mol · L <sup>-1</sup> )	$[\text{NO}_2]_0$ (mol · L <sup>-1</sup> )	$v_0$ (mol · L <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup> )
1	0,1	0,1	$0,5 \cdot 10^{-2}$
2	0,1	0,4	$8 \cdot 10^{-2}$
3	0,2	0,1	$0,5 \cdot 10^{-2}$

Figure 1 – Tableau récapitulatif des résultats des différentes expériences.

- 1) a) Déterminer les ordres partiels initiaux par rapport à chacun des réactifs.  
b) On suppose que les ordres partiels de la réaction ne varient pas. Déterminer  $[\text{NO}_2](t)$ .  
c) Donner une relation entre la constante de vitesse et le temps de demi-réaction.
- 2) On représente l'évolution temporelle de la pression partielle en dioxyde d'azote pour deux températures différentes. Dans les deux cas, la pression partielle initiale en dioxyde d'azote est la même. Déterminer les constantes de vitesse pour chaque température et l'énergie d'activation.



#### 2 ➤ CCS1 MP 2018 : Réaction des ions Fe(+III) sur les ions Sn(+II)

On cherche à étudier la cinétique d'une réaction entre les ions  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Sn}^{2+}$  à la température  $T = 25^\circ\text{C}$ . On pose

$$\nu = k[\text{Fe}^{3+}]^\alpha [\text{Sn}^{2+}]^\beta$$
 la vitesse de réaction.

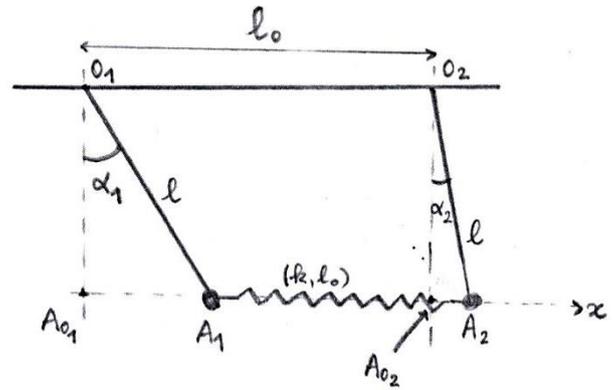
1. Dans un premier temps, on met les ions  $\text{Fe}^{3+}$  en grande quantité. On constate que le temps de demi-réaction  $\tau$  est indépendant de la concentration initiale des ions  $\text{Sn}^{2+}$ . En déduire  $\beta$ .
2. On se place maintenant dans les conditions stœchiométriques. Cette fois, le temps de demi-réaction dépend de  $c_0$  la concentration initiale en ions  $\text{Fe}^{3+}$ .
  - a) Exprimer  $\tau$  en fonction de  $k$ ,  $\alpha$  et  $c_0$
  - b) On remarque que  $\tau$  est divisé par 4 lorsque  $c_0$  est multiplié par 2. En déduire  $\alpha$ .
3. On donne  $k_2$  à la température  $T_2$ ,  $k_3$  à la température  $T_3$ . Calculer l'énergie d'activation de la réaction.

### 3 Exercice « académique » CCINP Amigon 2023 : Pendules couplés

Deux masselottes  $A_1$  et  $A_2$ , de même masse  $m$ , sont suspendues à des fils et reliées entre elles par un ressort.

Les angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont faibles et à  $t = 0$ , on lâche les masselottes sans vitesse initiale depuis les points d'abscisses  $x_1(0) = 0$  et  $x_2(0) = a$ .

- 1) A l'aide du théorème du moment cinétique, déterminer les équations différentielles portant sur  $\alpha_1$ ,  $\ddot{\alpha}_1$ ,  $x_1 = \overline{A_{01}A_1}$ ,  $\alpha_2$ ,  $\ddot{\alpha}_2$  et  $x_2 = \overline{A_{02}A_2}$  puis exprimer  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  en fonction de  $x_1$  et  $x_2$ .
- 2) On pose  $S = x_1 + x_2$  et  $D = x_2 - x_1$ . Déterminer  $x_1(t)$  et  $x_2(t)$ .



### 4 Exercice « académique » : Régime pseudo-périodique

Une sphère  $M$  (de masse  $m$  et de rayon  $r$  faible), se déplace avec une faible vitesse  $\vec{v}$ .

La sphère, suspendue à un ressort de raideur  $k$ , est plongée dans un liquide de coefficient de viscosité  $\eta$ . La sphère est donc soumise, entre autres, à une force  $\vec{f} = -6\pi r \eta \vec{v}$ .

La période des oscillations dans l'air est égale à  $T_0$ .

On note  $T$  la pseudo-période du mouvement de  $M$  dans le liquide.

- 1) Exprimer  $T$ .
- 2) En déduire une application de cette étude.

### 5 Exercice « académique » CMT : Mouvement d'un anneau sur un profil hélicoïdal

Les équations en coordonnées cylindriques  $(r, \theta, z)$  d'un profil hélicoïdal rigide d'axe vertical  $Oz$  sont :

$$r = a \text{ et } z = h \times \theta$$

Un petit anneau, enfilé sur le profil, est abandonné sans vitesse initiale au point d'altitude  $H = 2\pi h$ .

L'anneau est assimilé à un point matériel se déplaçant sans frottement le long du profil.

- 1) On note  $v$  la norme de la vitesse de l'anneau à une date  $t$  quelconque.

Montrer que  $v$  vérifie :

$$v = \sqrt{2gh(2\pi - \theta)}$$

- 2) En déduire l'expression de  $\frac{d\theta}{dt}$ .
- 3) Déterminer l'expression du temps que met l'anneau pour atteindre le plan horizontal de base ( $z = 0$ ).

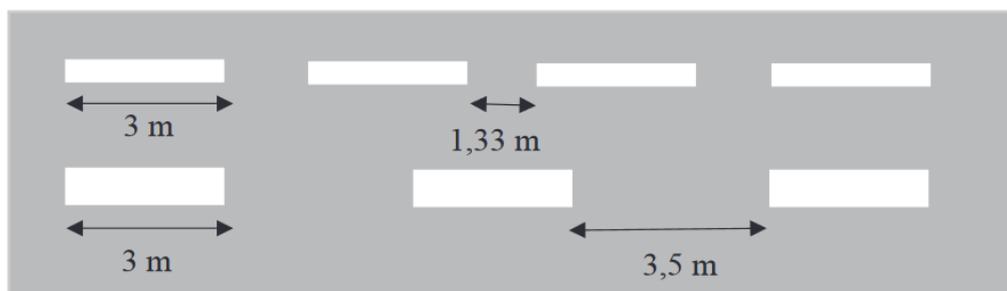
## 6 ✎ ➤ Résolution de problème **CCINP** Pasquier 2023 : Sortie de route

Les causes d'accidents sont nombreuses et variées. Afin d'incriminer ou non un éventuel excès de vitesse lors de la sortie de route liée à un dépassement incontrôlé et décrite sur la photographie (**figure 6**), on vous demande de déterminer l'expression littérale, puis numérique de la vitesse du véhicule en début de la phase de freinage. Toutes données pertinentes et nécessaires à la résolution de cette question pourront être introduites par le candidat.



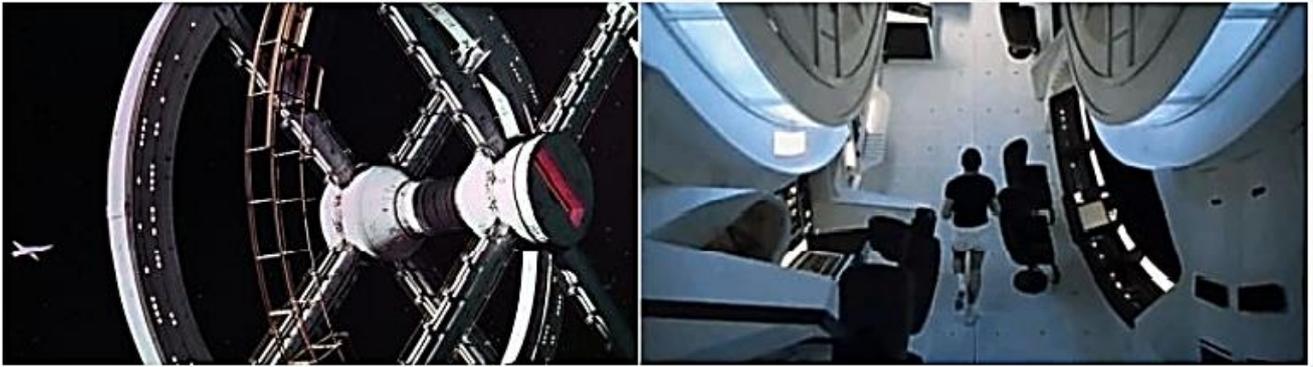
**Figure 6** – Sortie de route

Les éléments légaux de marquage au sol sont représentés sur la **figure 7**.



**Figure 7** – Législation de marquage au sol

## 7 ➤ Résolution de problème : Gravité artificielle



Dans le film « 2001 l'odyssée de l'espace » de Stanley Kubrick, un vaisseau spatial constitué d'un tore tourne autour de son axe avec une vitesse angulaire constante dans un référentiel galiléen. Alors qu'ils sont loin de toute planète, les astronautes vivent dans le tore comme sur Terre, ils sont soumis à une gravité artificielle.

1. Évaluer le rayon du vaisseau et sa vitesse angulaire de rotation pour que les astronautes subissent une gravité artificielle de valeur équivalente à celle existant sur Terre, à 10% près à l'échelle du corps de l'astronaute.
2. Expliquer alors pourquoi il peut être très fatigant de courir dans la station spatiale (on choisira des valeurs numériques pour illustrer le raisonnement). Le sens choisi pour faire le footing est-il important ?

## 8 Résolution de problème **CMT** : Gravity

Dans le film Gravity, des astronautes effectuent une mission de maintenance sur le télescope spatial Hubble lorsque leur navette est détruite. Leur seul espoir semble être de rejoindre la Station Spatiale Internationale, l'ISS.

On suppose que le télescope spatial Hubble et l'ISS sont en orbite circulaire autour de la Terre, respectivement à 600 km et 400 km au-dessus de la Terre, dans le même plan. Le rayon de la Terre est  $R_T = 6400$  km. La période du télescope Hubble vaut 97 min.

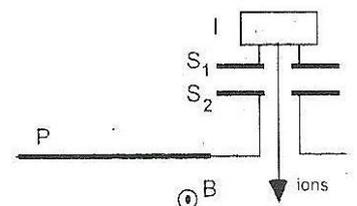
Pour rejoindre la station spatiale, l'astronaute envisage une orbite de transfert elliptique, dont l'apogée de distance  $r_H$  par rapport au centre de la Terre est sur l'orbite du télescope, et le périégée de distance  $r_S$  par rapport au centre de la Terre est sur l'orbite de l'ISS.

➔ Quelle est la durée de ce voyage ?



## 9 Résolution de problème **CMT** : Spectromètre de masse

Un spectromètre de masse est un dispositif à vide, schématisé ci-contre dans lequel I est une source d'ions (les atomes sont ionisés),  $S_1$  et  $S_2$  sont deux fentes fines entre lesquelles les ions sont accélérés sous une tension  $U$ . Après focalisation dans l'axe des deux fentes, les ions pénètrent dans la zone située après les fentes, où règne un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme, stationnaire et perpendiculaire à l'axe d'entrée des ions. Les ions sont ensuite détectés par une plaque photographique P.



➔ Pour une tension  $U = 1$  kV et un champ d'intensité  $B = 10$  mT, déterminer la distance séparant les deux impacts obtenus sur la plaque photographique P pour deux isotopes du Zinc :  $^{68}\text{Zn}$  et  $^{70}\text{Zn}$ .

### Données :

Ions formés :  $\text{Zn}^{2+}$  ;  $m(\text{nucléon}) = 1,7 \cdot 10^{-27}$  kg

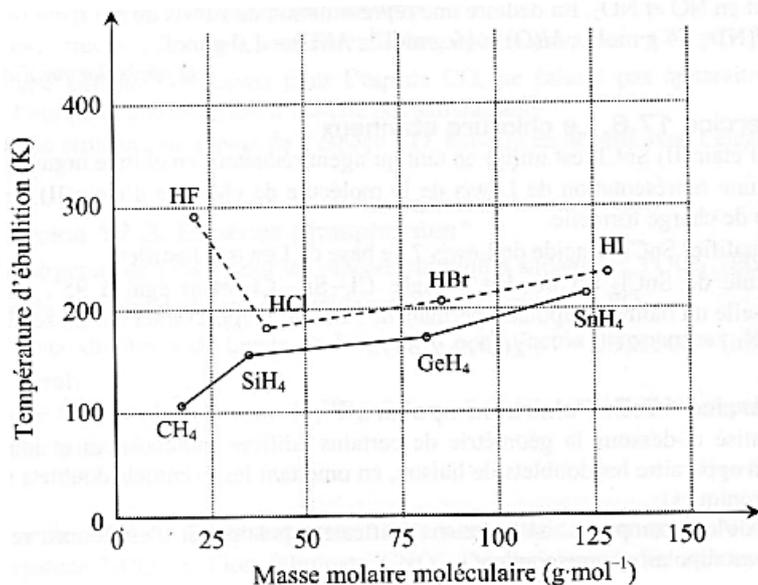
## 10 ✎ ➤ Exercice « académique » CCINP MP 2019 : Le Silicium

On considère le silicium de numéro atomique 14. Dans la classification périodique des éléments, il est situé juste en dessous du carbone.

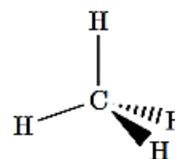
1. Combien l'atome de silicium a-t-il d'électrons de valence.
2. Est-il plus ou moins électronégatif que le carbone ?
3. Le silicium peut former les molécules suivantes :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si(OH)}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$ . Donner pour chacune de ses molécules le nombre d'oxydation du silicium et sa structure de Lewis.
4. Le silicium a une structure de type diamant, c'est-à-dire qu'il cristallise sous forme d'un cubique face centrée où un site tétraédrique sur deux est occupé.
  - a) Donner la population et la coordinence d'une maille.
  - b) Donner la relation qui lie  $a$ , paramètre de maille, avec  $r(\text{Si})$ , rayon d'un atome de silicium.
  - c) A partir de  $r(\text{Si})$ , trouver la masse volumique du silicium.
  - d) Donner la compacité l'empilement.

## 11 Exercice « académique » : Températures d'ébullition

Les températures d'ébullition sous 1 bar des composés hydrogénés des éléments des colonnes 14 et 17 de la classification périodique sont données dans le tableau ci-dessous.



1 - La représentation de Cram de la molécule de méthane est représentée ci-dessous.



1.a - En déduire le moment dipolaire de la molécule de méthane.

1.b - En déduire la géométrie et le moment dipolaire des autres composés hydrogénés de la colonne.

2 - Pourquoi les composés hydrogénés des éléments de la colonne 14 ont-ils des températures d'ébullition plus basses que celles des composés hydrogénés des éléments de la colonne 17 ?

3 - Expliquer l'augmentation observée entre  $\text{HCl}$  à  $\text{HI}$ .

4 - Proposer une explication à l'anomalie observée pour  $\text{HF}$ .

## Rapports

### Mécanique

#### CCINP 2023

Difficultés récurrentes : opérations sur les **vecteurs**, différence entre repère de projection et référentiel, absence de **bilan des forces clair** et bien **schématisé**. La compréhension du problème gagnerait en efficacité avec parfois du simple **bon sens** plutôt qu'en se perdant dans les calculs.

Trop de candidats partent systématiquement du PFD et oublient certaines forces inconnues.

Les **théorèmes énergétiques** sont souvent confus et erronés, en particulier confusion énergie/puissance.

La notion d'**intégrale première** du mouvement (capacités exigibles) est ignorée de la plupart des candidats.

Le **mouvement du solide** est souvent confondu avec celui d'un point matériel dans la définition d'un moment cinétique ou de l'énergie cinétique.

Difficultés à définir un **paramètre angulaire** avec un angle souvent orienté (lorsqu'il l'est) négativement dans le sens direct.

Les mouvements de **satellites terrestres** s'étudient dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Il ne faut pas parler de poids dans ce référentiel, mais de **force gravitationnelle**.

Les **référentiels non galiléens** posent toujours autant de problèmes : confusions sur le référentiel d'étude, erreur de signe pour la force d'inertie d'entraînement, mauvaise expression de la force d'inertie de Coriolis.

La question « **qu'est-ce que le poids ?** » ne reçoit que rarement une réponse satisfaisante. Par ailleurs, le poids ne s'applique pas à l'extrémité d'un solide.

#### CCS 2022

Les énoncés qui demandent de rechercher des **intégrales premières** du mouvement ne déclenchent, chez certains candidats, aucun des réflexes que le jury suppose pourtant acquis.

Une fois fixée l'origine conventionnelle des énergies d'interaction, les expressions (et le signe !) des **énergies potentielle** et mécanique doivent être précisés avec soin et ne sont pas du tout dépourvus de sens physique.

Les notions de bras de levier et de point coïncident gagneraient à être mieux employées.

Quelques incontournables

– période d'oscillation d'un **pendule simple** ;

– vitesse, période et énergie d'un **mouvement circulaire newtonien** ;

Et bien sûr la connaissance sans erreur ni hésitation de certaines expressions, propriétés ou définitions :

– expressions des **vitesse et accélération en coordonnées polaires** ;

– expression des **éléments de surface et de volume** ;

– domaines de variation des **angles en coordonnées sphériques**.

#### CCMP 2023

Le jury constate l'oubli fréquent de la **réaction du support** pour les mouvements sans frottement, qui est bien présente même si elle disparaît lors de la projection sur la direction du mouvement.

Il est important de vérifier la **pertinence de la projection des équations du mouvement** dans un ou plusieurs cas particuliers avant de poursuivre les calculs.

L'application du **théorème du moment cinétique** donne lieu à trop d'erreurs, l'utilisation du **bras de levier** s'avère efficace si l'on vérifie bien le **signe** du résultat obtenu en tenant compte de l'algébrisation des grandeurs.

Dans le cas du frottement de **glissement**, la **direction de la composante tangentielle** n'est pas toujours correctement expliquée et il y a confusion fréquente entre « vitesse » et vitesse de glissement.

L'étude des mouvements en **référentiels non-galiléens** donne lieu à des erreurs de signe ou des calculs fastidieux inutiles, par exemple la force de Coriolis pour une position d'équilibre ou le calcul d'un double produit vectoriel alors que la distance à l'axe de rotation est suffisante.

L'**étude énergétique des systèmes** est trop peu souvent proposée alors qu'elle permet parfois d'obtenir un résultat rapide sans passer par la résolution d'équations différentielles, comme dans l'exemple classique de l'altitude maximale d'un tir vers le haut sans frottement.

En **mécanique céleste** les candidats n'associent pas **valeur de l'énergie mécanique et nature de l'orbite**.