

Préparation aux oraux MP/MPI

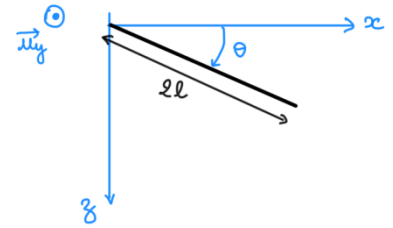
TD1 – Méca du point et du solide & Chimie des solutions

1 Exercice « académique » CCINP Vanel 2023 : Mouvement d'une barre

On considère une barre homogène, de longueur $2l$ et de masse m , initialement horizontale.

A partir de $t = 0$, elle se met en mouvement et on néglige tout frottement.

- 1) Déterminer de 2 façons différentes l'expression de $\dot{\theta}^2$. Déterminer l'expression de $\ddot{\theta}$.
- 2) Déterminer les expressions des composantes selon (Ox) et (Oz) de la réaction du support.

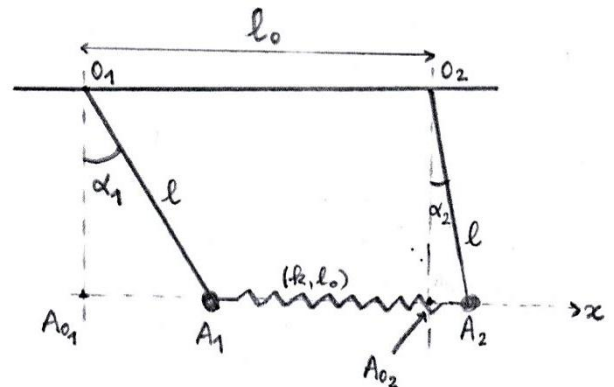


2 Exercice « académique » CCINP Amigon 2023 : Pendules couplés

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 α_1 et α_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 α_1 , $\ddot{\alpha}_1$, $x_1 = \overline{A_{01}A_1}$, α_2 , $\ddot{\alpha}_2$ et $x_2 = \overline{A_{02}A_2}$ puis exprimer α_1 et α_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 $x_2(t)$.



3 Exercice « académique » CMT Peynon 2025 : Effondrement du Soleil

On considère le Soleil, de rayon R_s , de centre S qui tourne autour d'un de ses diamètres avec une période T_s . Le Soleil va finir par devenir une naine blanche de rayon $R' < R_s$ mais de même masse M_s .

- 1) Justifier que le moment cinétique scalaire du Soleil par rapport à son axe de rotation reste constant au cours de cet effondrement.
- 2) Justifier qualitativement que la vitesse de rotation du Soleil va augmenter.
- 3) Déterminer l'expression de la nouvelle période de rotation T' du Soleil une fois qu'il sera une naine blanche.

Données :

$$R_s = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$$

$$M_s = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

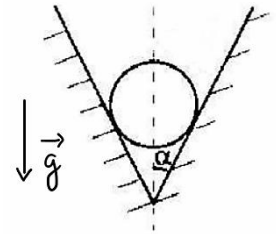
Moments d'inertie de solides homogènes de masse m :

① Cylindre creux de rayon R	② Cylindre plein de rayon R	③ Sphère pleine de rayon R	④ Tige de longueur L
$J_{\Delta} = mR^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{2}mR^2$	$J_{\Delta} = \frac{2}{5}mR^2$	$J_{\Delta} = \frac{1}{12}mL^2$ $J_{\Delta'} = \frac{1}{3}mL^2$

4 Résolution de problème CMT Peyretailade 2025 : Cylindre dans dièdre

On note f le coefficient de frottement entre le cylindre et les parois. On exerce une force F de traction sur le cylindre.

▷ Déterminer l'expression de F pour que le cylindre glisse sur les parois.



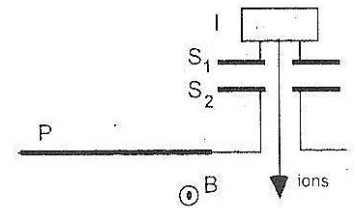
5 Exercice « académique » CMT Bizouerne 2025 : Satellite terrestre

On considère un satellite en rotation circulaire autour de la Terre.

▷ Déterminer les expressions de ses énergies cinétique, potentielle et mécanique.

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

Données :

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

7 Résolution de problème CMT : Chaises volantes

Les chaises volantes constituent une variante de manège de type carrousel, où des sièges sont suspendus depuis le haut du manège au bout de chaînes métalliques. Lors de la rotation du manège, les chaises sont inclinées vers l'extérieur par la force centrifuge.

On trouve sur internet l'annonce suivante :



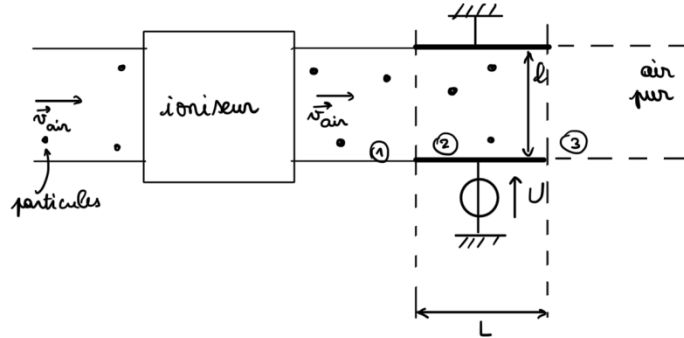
Manège voltigeur authentique 1930

Diamètre à l'arrêt 8 m ;
diamètre en action 16 m ;
hauteur 7 m ;
poids 9 tonnes ;
25 places.

▷ Combien de tours de manège fait-on en 3 minutes ?

8 CCS1 Dossier 2025 : Filtre à particules

On souhaite éliminer des particules (cendres) présentes dans l'air avec le dispositif si dessous.



Données numériques :

$$v_{air} = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ; U = 20 \text{ kV} ; l = 1,0 \text{ cm}$$

Cendres de $1 \mu\text{m}$ de diamètre, de masse volumique $\rho = 2,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et qui portent une charge $q = e$ après être passées dans l'ioniseur.

- 1) Etudier la trajectoire d'une particule soumise à un champ électrostatique. Tracer son allure dans les zones ①, ② et ③. Justifier en ODG qu'on peut négliger le poids.
- 2) Décrire le fonctionnement et l'utilité d'un tel filtre. Quelle est la condition pour qu'il soit efficace ? Faire l'AN.
- 3) Les particules sont à présent également soumises à une force de frottement proportionnelle à $\vec{v} - \vec{v}_{air}$. On note α le coefficient de frottement fluide. Justifier l'origine de cette force. Donner la nouvelle condition sur L.

9 CCS2 : Pendule aux grandes oscillations

On considère un pendule simple constitué d'une masse m accrochée en un point O fixe à un fil inextensible, sans masse, de longueur ℓ . On note θ l'angle entre le pendule et la verticale. Le pendule est lâché d'un angle θ_0 , $0 < \theta_0 < \pi/2$, sans vitesse initiale.

1. Montrer que l'angle θ vérifie l'équation :

$$\frac{\dot{\theta}^2}{2} - \omega^2 \cos(\theta) = \text{constante}$$

Préciser les expressions de ω et de la constante.

2. Montrer que l'expression de la période peut s'écrire :

$$T = \frac{2T_0}{\pi} \int_0^{\theta_0} \frac{d\theta}{\sqrt{2(\cos\theta - \cos\theta_0)}}$$


On précisera l'expression de T_0 .

3. On réalise le changement de variable $\sin\phi = \frac{\sin(\theta/2)}{\sin(\theta_0/2)}$. En déduire que T se met sous la forme :

$$T = T_0 f\left(\sin\frac{\theta_0}{2}\right) \quad \text{avec} \quad f(x) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - x^2 \sin^2\phi}}$$

4. Montrer que, pour de petites oscillations, l'expression précédente conduit à la formule approchée de Borda :

$$T \simeq T_0 \left(1 + \frac{\theta_0^2}{16}\right)$$

5.  On se place dans le cas particulier où $\ell = 1,0$ m et $g = 9,8$ m.s⁻².

En utilisant le script Python du fichier *PenduleGrandesOscillations.py*, déterminer l'angle limite θ_ℓ au delà duquel la période T s'écarte de plus de 1% de T_0 , puis de plus de 1% de l'expression de la période approchée avec la formule de Borda.

Script Python : cf Cahier de Prépa

10 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 η . 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.

11 Résolution de problème : Cyclone

Sur cette image satellite de cyclone (mouvement de masses d'air autour d'un centre dépressionnaire), le nord se situe en haut. Ayant mélangé plusieurs clichés, nous ne sommes plus certains de la localisation de cette image.

▷ Justifier s'il s'agit d'une image de l'Islande ou de l'île Maurice.



12 Résolution de problème : Contact et vibration

Un point matériel M de masse m est posé sur un plateau horizontal. Le plateau est animé d'un mouvement vibratoire de sorte que la position verticale du plateau est donnée par $z(t) = A(1 - \cos(\omega t))$ dans le référentiel terrestre.

- 1) Quelle relation doit être vérifiée entre A , ω et g (l'intensité du champ de pesanteur) pour que M reste toujours en contact avec le plateau ?
- 2) Si cette condition n'est pas vérifiée :
 - a) déterminer la position z_D du plateau lorsque le point M décolle du plateau.
 - b) Déterminer l'altitude maximale z_{max} atteinte par le point M .

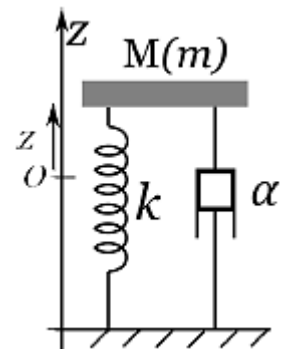
13 Exercice « académique » : Suspension d'un moteur

On étudie la suspension d'un moteur dont le fonctionnement entraîne des vibrations. Le moteur est assimilé à un point M de masse m .

La suspension est constituée d'un ressort de raideur k , de longueur à vide l_0 associé à un amortisseur qui exerce sur M une force $\vec{f}_f = -\alpha \vec{v}$.

La variable z repère la position de M par rapport à la position d'équilibre du moteur, à l'arrêt, symbolisée par le point O .

- 1) Établir l'expression de la longueur l_e du ressort à l'équilibre, lorsque le moteur est à l'arrêt, en fonction de m , g , k et l_0 .



Lorsque le moteur fonctionne, tout se passe comme s'il apparaissait une force supplémentaire de la forme $\vec{F} = F_0 \cdot \cos(\omega t) \vec{u}_z$.

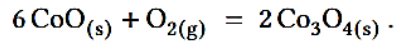
- 2) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par z .

En régime forcé, on recherche des solutions sous la forme $v_z(t) = \dot{z}(t) = V_0 \cdot \cos(\omega t + \psi)$.

- 3) Exprimer V_0 .
- 4) La pulsation ω vaut $630 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$. Le moteur a une masse $m = 10 \text{ kg}$ et on dispose de deux ressorts de constante de raideur respective $k_1 = 4,0 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ et $k_2 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. Lequel faut-il choisir pour réaliser la suspension ?

14 Exercice « académique » : Oxydation du monoxyde de cobalt

Le tétraoxyde de tricobalt Co_3O_4 est un intermédiaire important dans la synthèse de cobalt métallique. On l'obtient par chauffage à l'air libre du monoxyde de cobalt selon la réaction d'équation



On se place dans un premier temps à 850°C , où la constante d'équilibre vaut 0,75. Dans un volume V_0 initialement vide, on introduit 0,3 mol de O_2 et 1 mol de CoO .

1 - Déterminer la pression partielle en dioxygène et les quantités de matière des solides une fois l'équilibre atteint pour $V_0 = 10 \text{ L}$.

2 - Partant des mêmes quantités de matière initiales, montrer que la réaction n'a pas nécessairement lieu. Déterminer la gamme de valeurs du volume V_0 permettant à la réaction d'avoir lieu.

3 - Partant des mêmes quantités de matière initiales, montrer qu'il est possible d'aboutir à une rupture d'équilibre. Déterminer la gamme de valeurs du volume V_0 menant à cette situation.

4 - Représenter graphiquement l'avancement final ξ_F en fonction du volume V_0 de l'enceinte, toujours pour les mêmes quantités de matière. Indiquer les domaines correspondant à l'absence de réaction, à une réaction équilibrée, ou à une rupture d'équilibre.

La réaction se fait industriellement à l'air libre à une température comprise entre 400 et 500°C . À ces températures, la constante thermodynamique d'équilibre de la réaction est de l'ordre de 10^9 .

5 - Calculer la pression partielle $p_{\text{O}_2, \text{éq}}$ à l'équilibre.

6 - Que vaut la pression partielle en dioxygène dans l'air atmosphérique ? Commenter le choix d'opérer à l'air libre.

15 Exercice « académique » : Titrage des ions ammonium par la soude

On prépare une solution en faisant dissoudre 53 mg de chlorure d'ammonium ($\text{NH}_4^+, \text{Cl}^-$) solide dans un volume d'eau distillée V_0 d'environ 100 à 150 mL d'eau.

On dose cette solution par de la soude (hydroxyde de sodium) à $0,20 \text{ mol/L}$.

On note V_b le volume de soude versé pendant le dosage.

1. Déterminer le pH de la solution initiale si $V_0 = 100 \text{ mL}$.

2. Déterminer le volume de soude versé à l'équivalence. Que peut-on faire comme hypothèse ?

3. Avant l'équivalence :

Expliquer qualitativement l'évolution de la conductivité en fonction du volume de soude versé.

Exprimer la conductivité et montrer que $\sigma = f(V_b)$ est une droite de pente négative.

4. Après l'équivalence :

Expliquer qualitativement l'évolution de la conductivité en fonction du volume de soude versé.

Exprimer la conductivité et montrer que $\sigma = f(V_b)$ est une droite de pente positive.

Est-il nécessaire de resserrer les points autour de l'équivalence ?

Données :

$$\text{p}K_A(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9,3.$$

Masses molaires :

	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>Cl</i>
(<i>g. mol</i> ⁻¹)	1	14	35,5

Conductivités ioniques molaires limitées à 298 K :

ion <i>i</i>	Na^+	H_3O^+	OH^-	NH_4^+	Cl^-
λ_i^0 ($\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$)	50,1	350	200	73,5	76,4

16 Résolution de problème : Titrage des ions nitrate d'un engrais

On cherche à titrer les ions nitrate NO_3^- présents dans un engrais. Pour ce faire, sous une hotte bien ventilée, on mélange une masse $m = 400 \text{ mg}$ d'engrais liquide, 5 mL d'acide sulfurique concentré, et $V_1 = 30,0 \text{ mL}$ d'une solution de sel de Mohr contenant des ions Fe^{2+} à la concentration $c_1 = 2,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Les ions Fe^{2+} sont introduits en excès. Le mélange est chauffé à 60°C pendant 15 minutes. Il se produit alors une réaction totale (R_1) mettant en jeu les couples $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ et $\text{NO}_3^-/\text{NO}_{(g)}$. Les ions Fe^{2+} restants sont ensuite titrés par une solution de dichromate de potassium (2K^+ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) de concentration $c_2 = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. L'équivalence est repérée pour un volume $V_2 = 10,0 \text{ mL}$ de solution titrante. La réaction de titrage (R_2) met en jeu les couples $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ et $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$.

▷ Déterminer le pourcentage massique en ions nitrate dans l'engrais analysé.

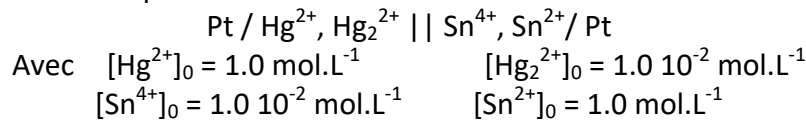
Données :

Masses molaires :

	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>Fe</i>
<i>(g.mol⁻¹)</i>	1	14	16	56

17 Exercice « académique » : Pile Mercure-Etain

On considère la pile schématisée par :



Les deux compartiments ont le même volume $V = 50,0 \text{ mL}$.

- 1) Déterminer le potentiel initial de chacune des électrodes. En déduire la polarité de la pile et l'équation de sa réaction de fonctionnement.
- 2) Comment caractérise-t-on l'arrêt de la pile ? On note ξ_f l'avancement final, exprimer alors la quantité d'électricité qui a traversé le circuit.
- 3) Une solution de nitrate d'ammonium, NH_4^+ , NO_3^- , assure la jonction électrique entre les deux demi-piles. Analyser les déplacements des porteurs de charge à l'intérieur de la pile, sans oublier le pont, au cours de son fonctionnement.

Données :

$$E^0(\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}) = 0,91 \text{ V} \quad E^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,15 \text{ V} \quad \mathcal{F} = 96500 \text{ C/mol}$$

18 Pour les MP Exercice « académique » CCMP : Influence du pH sur la solubilité

La solubilité de l'hydroxyde ferreux $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dans l'eau vaut $S = 1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ à 25°C .

1 - Calculer le produit de solubilité et le pH à saturation.

2 - Prévoir comment évolue la solubilité dans une solution de soude à $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, puis la calculer.

Données : masses molaires $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{H}} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

◆ Mécanique

CCINP

- Toujours les mêmes 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.
- L'expression de l'accélération en polaires fait partie des capacités exigibles. Il n'est donc pas normal de perdre un temps précieux en calculs approximatifs, de surcroît sur un paramétrage faux (en particulier définition de la base polaire).
- Trop de candidats partent systématiquement du théorème de la résultante cinétique et oublient certaines forces inconnues.
- Le théorème du moment cinétique est doublement mal traduit : méconnaissance de la signification du moment d'inertie et calcul faux des moments des forces. Une définition aussi fondamentale que le moment d'une force n'est souvent pas acquise.
- Les théorèmes énergétiques sont souvent confus et erronés, en particulier la distinction énergie/puissance n'est pas faite. La notion d'intégrale première du mouvement (qui fait partie des capacités exigibles) est ignorée de la plupart des candidats.
- Les raisonnements visant à minimiser l'énergie potentielle restent obscurs et donnent lieu à des calculs mathématiques qui éloignent d'une réflexion qualitative et physique.
- 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.
- 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. L'effet de la force d'inertie d'entraînement pourrait être amplement plus commenté, en particulier son caractère axifuge.
- 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 mais en son centre d'inertie.
- Les énergies potentielles de pesanteur, élastiques et gravitationnelles sont à connaître (le programme précise : « citer les expressions »). Il est exclu de refaire un calcul de ces expressions à partir du travail ou de la force. C'est d'ailleurs à cela que sert l'énergie potentielle entre autres : simplifier l'étude d'un mouvement conservatif par l'écriture directe de l'intégrale première de l'énergie.
- L'étude des trajectoires de particules chargées dans des champs magnétiques est rarement bien effectuée. Ce point très classique du programme de première mériterait une attention plus soutenue.

CCS MPI

En mécanique (du point ou du solide) ou en thermodynamique, le système doit être explicitement défini avant d'écrire le moindre principe.

CCS MP

Mécanique en référentiel non galiléen

Les notions de vitesse et d'accélération d'entraînement sont connues ainsi que l'accélération de Coriolis ; cependant, une analyse physique de la situation permettrait d'en simplifier l'écriture.

Lois du frottement

Il faut être attentif à positionner correctement la composante de frottement de façon à ce qu'elle s'oppose au glissement lorsque celui-ci se produit.

Quelques incontournables

- période d'oscillation d'un **pendule simple** ;
- vitesse, période et énergie d'un **mouvement circulaire newtonien** ;
- **caractère libre ou lié** d'un mouvement ;

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

- expressions des **vitesse et accélération en coordonnées polaires** ;
 - expressions des **pseudo-forces d'inertie** dans les cas du programme (rotation d'axe fixe et translation).
- Attention, ne pas confondre le mouvement d'un référentiel avec celui du système étudié. Préciser si le référentiel d'étude est **galiléen** ou non, si non, identifier le référentiel absolu galiléen.
- expression des **éléments de surface et de volume** ;
 - domaines de variation des **angles en coordonnées sphériques**.

CCMP MP

Les exercices de mécanique doivent presque toujours débiter par une analyse physique des phénomènes... et celle-ci reste bien souvent trop succincte : Beaucoup de candidats se plongent trop rapidement dans des équations qu'ils ne parviennent pas à résoudre, simplifier ou interpréter, faute d'avoir cerné, par une discussion physique préalable, le système de coordonnées le plus adapté à l'étude et les outils les plus stratégiques (2^e loi de Newton ou théorèmes énergétiques).

Les bilans de forces sont parfois négligés, avec des oublis en conséquence.

La manipulation des grandeurs vectorielles et les projections sont sources de difficulté pour certains candidats. En particulier, quand les angles en jeu entre les forces et les axes de projection sont quelconques, il vaut mieux éviter de faire un schéma qualitatif avec des angles proches de 45°, ce qui augmente le risque d'erreur dans les coefficients de projection (confusion $\sin \leftrightarrow \cos$).

Les grandeurs algébriques sont parfois mal maîtrisées : en particulier, les confusions entre norme et composante sont assez fréquentes.

Les expressions algébriques de la force de rappel d'un ressort, ainsi que celle des forces de frottement solides sont parfois incorrectes (erreur d'orientation). Certains candidats se trompent sur le sens de l'inégalité de la loi de Coulomb de frottement solide dans le cas du non glissement et ont des difficultés à vérifier la pertinence de l'expression qu'ils proposent.

Les forces de frottement solides sont considérées comme systématiquement constantes par certains candidats.

Les calculs de moments de force, de force d'inertie d'entraînement et de Coriolis ont donné lieu à de fréquentes erreurs, certains candidats ne se rappelant plus de leurs expressions correctes, d'autres ayant des difficultés avec les produits vectoriels.

On relève trop souvent un manque de rigueur dans l'invocation des lois de la dynamique : par exemple, on ne dit pas «On fait un PFD», mais «On applique le principe fondamental de la dynamique à tel système dans tel référentiel -et on précise si il est galiléen ou pas-, le cas échéant en projection suivant tel axe».

On rencontre parfois des confusions entre intégration dans l'espace et dans le temps, en particulier lors de l'utilisation des théorèmes «énergétiques». Certaines grandeurs a priori variables sont intégrées comme des constantes.

Quand on a fait une hypothèse de glissement ou de non glissement, il convient de la vérifier avant de valider un résultat qui en découle.

CCMP MPI

- **Mécanique** : La discussion de la stabilité d'un point d'équilibre doit pouvoir se faire sur l'équation dynamique ou en utilisant l'énergie potentielle, et le lien entre les deux devrait être mieux compris. Après une étude des points d'équilibre par les forces beaucoup de candidats intègrent pour trouver l'énergie potentielle avant de la dériver à nouveau pour discuter la stabilité.

Les calculs de moments de forces par rapport à un axe posent des difficultés à une partie des candidats, même dans des cas simples, que le calcul se fasse à partir d'un produit vectoriel ou en passant par le bras de levier dont la définition est parfois floue.

Dans l'étude des mouvements avec frottement/glisserment, si l'énoncé des lois de Coulomb est connu en général, leur application échoue parfois. Les notions de vitesse de glissement et de roulement sans glissement sont souvent mal comprises.

CMT

La mécanique ne peut être présentée habilement et clairement sans l'usage d'un schéma rigoureux et clair (dimensions, usage de couleurs, ...). Il est essentiel de définir avec précision le système étudié ainsi que le référentiel, en particulier lorsqu'il n'est pas galiléen. Une prise en main du problème pour expliquer « avec les mains » la situation permet de se saisir pleinement de la situation. Le vocabulaire doit être utilisé avec rigueur. La maîtrise des situations mettant en jeu des référentiels non galiléens, présentes au programme, est indispensable.

ENS

- aussi stupéfiant que cela puisse sembler, la définition du référentiel considéré et la discussion de son caractère inertiel (ou non) dans les problèmes de mécanique ne constituent pas, pour un nombre important de candidats, l'étape 0 de leur raisonnement ; bien évidemment, de grossières erreurs s'en suivent ;
- dans un problème de mécanique qui se ramène à l'étude d'un mouvement à un seul degré de liberté effectif, les conséquences en terme de trajectoire de la courbe $E_{\text{pot}}^{\text{eff}} = E_{\text{pot}}^{\text{eff}}(r)$ laissent souvent à désirer, tout particulièrement lorsque le potentiel considéré n'est pas coulombien / newtonien ;

X MPI

En mécanique en particulier, le bon choix et l'utilisation correcte de repères posent souvent des problèmes. Ainsi, par exemple, un repère ascendant est un choix possible qui peut toutefois porter confusion lors de l'analyse de la descente en chute libre d'un objet dans le champ de la pesanteur : il faut dans ce cas clairement distinguer entre les valeurs algébriques et absolues des grandeurs vectorielles, comme la vitesse. Aussi, l'analyse d'un mouvement dans un référentiel non galiléen n'est pas toujours bien maîtrisée : les notions de composition de vitesses et de force d'inertie sont parfois confuses et leurs représentations vectorielles trop souvent erronées.

X MP

On attend des candidats qu'ils réfléchissent à la méthode la plus efficace à employer pour résoudre leur exercice en début d'épreuve : conservation de l'énergie ou utilisation du PFD, choix du référentiel ou du système de coordonnées.

Certains candidats ont des difficultés avec les changements de référentiels, même galiléens. Dans le cas d'un référentiel en rotation uniforme, les forces d'inertie présentes sont fréquemment mal formulées ou négligées, en particulier en ce qui concerne la force d'inertie de Coriolis. Lorsque cette force est compensée, par exemple par une composante de la réaction du support, il est important de le mentionner.

Certains candidats ont des difficultés avec le calcul du moment d'une force, ou la définition du moment cinétique, ou encore le simple calcul de la position du barycentre d'un système de point. L'importance des forces de frottements pour transmettre la puissance motrice n'est pas toujours comprise, par exemple lors de l'étude d'un moyen de locomotion.

Les raisonnements à partir de la donnée explicite, ou du graphe, d'une énergie potentielle ne sont souvent pas maîtrisés. La notion de position d'équilibre stable, ou instable, pose des problèmes à beaucoup de candidats.

Trop de candidats font preuve d'une compréhension approximative des notions de force, du principe d'action-réaction (troisième loi de Newton), et des lois de Kepler : les examinateurs rappellent qu'il y en a trois.

◆ Chimie

CCINP (remarques sur tout le programme 1^e et 2^e années)

En MPI la chimie, pourtant réduite, se révèle très clivante. Un investissement minimal en chimie peut se révéler fructueux.

Les questions posées sont systématiquement les mêmes d'un exercice à l'autre, ce qui permet d'engranger facilement des points, typiquement :

En thermodynamique chimique (programme MP) :

- calcul des grandeurs thermodynamiques de réaction standard, commentaires sur leurs signes,
- calcul d'une constante de réaction, définition d'un éventuel état d'équilibre final.

En oxydo-réduction :

- étude d'une électrolyse, d'une pile, avec écriture des réactions anodique et cathodique possibles,
- identification de la réaction par une étude cinétique sur courbes intensité-potential (programme MP),
- étude d'un diagramme E-pH (programme MP) avec mise en place des espèces, détermination d'un potentiel standard, de la valeur d'un K_s , de la pente d'un segment, étude d'une éventuelle attaque par l'eau (dont on doit bien sûr connaître les couples).

Voici les principaux défauts qui ont été relevés :

- en oxydo-réduction, les candidats peinent à trouver parmi deux couples l'oxydant ou le réducteur le plus fort ;
- ne pas connaître les couples de l'eau en électrolyse est rédhibitoire ;
- on attend un raisonnement clair pour la masse de métal déposée à la cathode en électrolyse, et non une formule toute faite non maîtrisée ;
- la formule de Nernst est à savoir dans les deux filières ;
- le calcul des constantes d'équilibre redox par les potentiels d'équilibre est une véritable usine à gaz. Mieux vaut passer par les enthalpies libres standard de réaction associées à un potentiel redox. Cette approche par enthalpie libre standard fait d'ailleurs l'objet d'un paragraphe dédié dans le programme de 2021 ;
- l'équilibrage d'une demi-équation redox doit se faire avec des H^+ et non des HO^- car les potentiels standard sont donnés à $pH = 0$;
- les espèces réagissant dans une réaction de pile ou d'électrolyse ne peuvent être bien sûr que des espèces effectivement introduites dans le milieu réactionnel. Les demi-équations redox à la cathode et l'anode doivent être écrites dans le sens effectif de la réaction ;
- attention au fait que les enthalpies standard de réaction sont exprimées en général en $kJ.mol^{-1}$ et les entropies standard de réaction en $J.K^{-1}.mol^{-1}$;

Le programme de première année est souvent moins bien appliqué, en particulier :

- les problèmes de précipitation ou de calcul de pH ;
- l'allure des courbes de dosage qui ont pourtant été vues dans le secondaire et ont été certainement tracées en travaux pratiques ;
- en cinétique chimique, les méthodes et les définitions semblent assez lointaines...

CCMP (remarques sur tout le programme 1^e et 2^e années)

Les confusions d'unités ($J \leftrightarrow kJ$ en particulier) sont relativement fréquentes dans les applications numériques, ce qui génère une perte de temps et fausse parfois le raisonnement, l'ordre de grandeur d'une constante d'équilibre pouvant être radicalement changé par une telle erreur. Il est rappelé que les constantes d'équilibre thermodynamiques sont sans dimension alors que les constantes cinétiques dimensionnées et qu'une concentration ou une pression partielles ne sont pas directement des activités.

Certains candidats confondent quotient réactionnel et constante d'équilibre et pensent que cette dernière peut dépendre de P et T , ce qui fausse leurs raisonnements sur les déplacements d'équilibre.

La loi de Van't Hoff et la loi d'Arrhénius sont parfois confondues : Même si elles présentent une forme mathématique analogue, elles sont distinctes.

Dans les exercices sur les réactions acido-basiques, bon nombre de candidats proposent une réaction prépondérante visiblement non pertinente (par exemple, avec un réactif non présent significativement à l'état initial). Avant de se plonger dans les calculs, il faut penser à faire une analyse chimique du système -inventaire des acides et des bases présents, diagrammes de stabilité- pour tenter de trouver avec succès la réaction qui modifie le plus les quantités de matière.

L'interprétation de courbes de titrage pH métriques ou potentiométriques, souvent accompagnées de «courbes d'abondance» est problématique pour ceux qui pensent que les exercices sur les solutions aqueuses se limitent à des calculs de pH ou de potentiel, qu'ils cherchent à faire à tout prix à partir de concentrations inconnues -alors que les valeurs expérimentales sont lisibles sur le graphe- sans aboutir à un résultat exploitable. Dans ces exercices, il convient d'exploiter les courbes pour déterminer les réactions de support de titrage, repérer les équivalences et les exploiter pour remonter aux quantités de matière à déterminer.

On relève encore des confusions dans les relations d'équivalence : il est rappelé que les termes «proportions stoechiométriques» et «mélange équimolaire» ne sont pas synonymes.

La condition d'apparition/disparition d'un précipité et sa justification thermodynamique sont inconnues de certains candidats, ainsi que la définition du produit de solubilité. Plus généralement, les raisonnements sur les réactions pouvant présenter des ruptures d'équilibre -et les hypothèses qu'ils nécessitent- ne sont pas majoritairement maîtrisés.

En cinétique chimique, les coefficients stoechiométriques ne sont pas toujours pris en compte dans l'écriture des vitesses de réaction. On relève encore des erreurs d'intégration, voire des confusions entre intégration et dérivation qui ne devraient pas se rencontrer à ce niveau de travail.

L'exploitation des conditions aux frontières dans les diagrammes $E - pH$ est parfois source d'erreurs : en particulier, pour un couple rédox, $E_{frontière}$ n'est pas toujours identique à E^0 .

En électrochimie, on relève des erreurs de conversions préjudiciables ($g \leftrightarrow kg$, nombre d'électrons et nombre de moles d'électrons échangés...). L'interprétation et l'utilisation des courbes intensité-potentiel révèle un manque de compréhension ou d'expérience chez certains candidats.

CCS MPI (remarques sur tout le programme 1^e et 2^e années)

La chimie fait partie du programme : ne pas connaître les quelques formules du cours (activité, constante d'acidité, formule de Nernst) est inacceptable.

CCS MP (remarques sur tout le programme 1^e et 2^e années)

Thermochimie

Le recours à un tableau d'avancement est souvent nécessaire. Il convient, si besoin, de faire apparaître la quantité de matière totale à l'état gazeux. L'usage du taux de conversion n'est pas toujours maîtrisé bien que d'un usage classique. L'évaluation de la température atteinte par un réacteur monobare adiabatique nécessite de correctement décrire le cycle utilisé sans omettre la quantité de matière en azote lorsqu'il s'agit de combustion dans l'air.

Les erreurs sont fréquentes dans les calculs numériques du fait des unités : les pressions doivent être exprimées en pascals, les volumes en mètres cubes (y compris dans les masses volumiques), les masses en kilogrammes (y compris pour dans les masses molaires).

Électrochimie

Dans l'écriture des demi-équations électroniques menant à un bilan redox, il convient de vérifier que les espèces utilisées sont effectivement présentes. Il est donc important de recenser les différents oxydants et réducteurs présents dans le système pour vérifier la faisabilité d'une demi-équation.

Le montage à trois électrodes n'est pas toujours connu.

L'analyse des courbes intensité-potentiel demande souvent de contextualiser les notions de sur-potentiel à vide et de palier de diffusion. Il convient en outre de ne pas oublier de tenir compte de la chute ohmique dans l'écriture de la différence de potentiel d'électrodes à courant non nul.

X (MP) à propos des solutions aqueuses

Au même titre que l'année dernière, les sujets portant sur la chimie des solutions ont posé beaucoup de difficultés souvent dues à un manque de rigueur et une mauvaise compréhension des phénomènes se déroulant au sein de la solution. La mesure physique même du pH est confondue pour certains avec la mesure de la conductivité et la définition d'une espèce acide au sens de Brønsted peut être méconnue.

L'interprétation d'une courbe de titrage est aussi très confuse. Comme chaque année, il est important de mentionner que de nombreux candidats ne connaissent pas la différence entre le terme « équilibre » et « équivalence » lors d'un exercice sur un dosage. Ils affirment que le pH est égal au pK_a du couple acido-basique à l'équivalence au lieu de la demi-équivalence. L'interprétation et l'exploitation d'une courbe de dosage ont ainsi posé des problèmes. Peu de sujets ont été réussis lors d'un titrage acido-basique mettant en jeu notamment deux espèces à titrer. Les réactions de titrage ont eu du mal à être écrites.

Aussi, peu de candidats sont capables de mener à bien le calcul du pH d'un monoacide faible au sein d'une solution aqueuse. Certains candidats semblent préférer se noyer dans des calculs longs et complexes au tableau plutôt que de faire des approximations judicieuses permettant de gagner un temps précieux. Ceci leur est particulièrement dommageable car le jury rappelle que l'oral de chimie n'est pas un oral de calcul et n'est pas évalué comme tel. D'autres utilisent des formules toutes faites qu'ils ne savent pas démontrer. La formule d'Andersson apparaît souvent comme la formule « magique » à utiliser dans tous les cas de figures, souvent à tort.

Pour aborder sereinement un exercice sur ce thème, il est aussi important de savoir que l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique sont tous les deux des acides forts, leur dissociation est donc totale dans l'eau. Il en va de même pour les propriétés acido-basiques des familles fonctionnelles type acide carboxylique et amine, le candidat devrait reconnaître aisément le caractère acide ou basique d'un de ces deux groupements au sein d'une molécule. Ainsi, l'établissement du diagramme de prédominance d'un acide aminé a posé énormément de problème par manque de connaissances.

Nous avons remarqué que le travail par linéarisation systématique des produits par passage au logarithme est généralement inefficace. Il conduit rarement à une application numérique juste car la transformation « -log » est double et les étudiants se trompent. La manipulation systématique des pH, pC, pK_e allonge aussi grandement les temps de calculs. Finalement, cette technique obscurcit le sens chimique, qui est souvent plus manifeste lorsque l'on travaille en concentration. Plusieurs minutes peuvent être nécessaires pour donner une valeur du pH lorsque l'on connaît la concentration en ions OH⁻. De façon générale il serait souhaitable que les candidats soient aussi à l'aise avec les bases qu'avec les acides et qu'ils aient compris que ces deux visions sont symétriques l'une de l'autre.

Certains candidats ont tendance également à complexifier l'exercice en n'utilisant pas les variables proposées par l'énoncé.

Les questions relatives à la solubilité, à l'apparition et à la redissolution de précipités suivant le pH sont les plus difficiles pour les candidats. Presque tous les étudiants sont mis en difficulté dès lors que deux phénomènes concurrents peuvent se produire dans le système. La définition même de la solubilité est souvent très confuse. Nous rappelons aussi que la dissolution d'une espèce n'entraîne pas de briser les liaisons covalentes au sein de l'espèce.

Oxydo-réduction

De manière récurrente, l'équilibre d'une équation chimique notamment les équilibres d'oxydo-réduction requiert trop de temps. Il est nécessaire que les candidats soient plus efficaces sur ce type de question. Il arrive même que certains candidats confondent équilibres redox et équilibres acido-basiques. Des problèmes se sont posés dès le début de l'exercice pour identifier quelle réaction pouvait se produire. Il est essentiel de bien exploiter les données sur le potentiel standard et de ne pas hésiter à faire une échelle de potentiel. Certains candidats ont aussi perdu un temps précieux pour déterminer la constante d'équilibre d'une réaction redox.