Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2026 • Polynésie • Jour 1

Code sujet **26-PYCJ1PO1** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Synthèse d’une Coumarine
16 réponses • sujet p. 2–8

Exercice 2 — La scintigraphie cardiaque
10 réponses • sujet p. 9–10

Exercice 3 — La saga de la découverte des trous noirs
8 réponses • sujet p. 11–12

Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

Exercice 1

9 points

Synthèse d'une Coumarine

1. Étude de l'acide sulfamique par pH-métrie

Question Q1.

Sujet p. 2

> Montrer que, pour une solution aqueuse d'un acide fort quelconque AH appartenant à un couple AH/A^- et de concentration en quantité de matière apportée en acide fort C, le pH de la solution s'exprime par la relation : pH = −log(C/c^0).

Un acide fort AH réagit totalement avec l'eau selon l'équation :

$\mathrm{AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}}$.

La dissociation étant totale, la concentration en ions oxonium est égale à la concentration apportée en acide : $[\mathrm{H_3O^+}] = C$, en négligeant la contribution de l'autoprotolyse de l'eau. Par définition, $\mathrm{pH} = -\log([\mathrm{H_3O^+}]/c^0)$, où $c^0 = 1\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

On obtient bien $\boxed{\mathrm{pH} = -\log(C/c^0)}$. Le rapport C/c^0 est sans dimension.

Question Q2.

Sujet p. 2

> Calculer le volume V' de solution S à prélever et détailler le protocole pour préparer la solution S_1.

Lors d'une dilution, la quantité de matière d'acide prélevée est conservée : $CV' = C_1V_1$. Ainsi, avec $C = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, $C_1 = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et $V_1 = 100{,}0\ \mathrm{mL}$,

$$V' = \frac{C_1V_1}{C} = \frac{1{,}0 \times 10^{-2} \times 100{,}0}{1{,}0 \times 10^{-1}}\ \mathrm{mL} = 10{,}0\ \mathrm{mL}.$$

À l'aide d'une pipette jaugée munie d'une propipette, prélever 10,0 mL de solution S et les verser dans une fiole jaugée de 100,0 mL. Ajouter de l'eau distillée, d'abord en partie, puis jusqu'au trait de jauge. Boucher et homogénéiser par retournements.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut prélever $\boxed{V' = 10{,}0\ \mathrm{mL}}$ de solution S et effectuer la dilution dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

Question Q3.

Sujet p. 2

> Écrire l'équation modélisant la réaction entre l'acide sulfamique et l'eau.

L'acide sulfamique cède un proton à l'eau : il forme l'ion sulfamate, sa base conjuguée, et l'ion oxonium.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{\mathrm{NH_2SO_3H_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_2SO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}}}$$

Question Q4.

Sujet p. 3

> À l'aide de la Figure 2, vérifier que l'acide sulfamique peut être considéré comme un acide fort.

Pour un acide fort, la relation établie à la question 1 prévoit que $\mathrm{pH} = -\log(C_n/c^0)$. La Figure 2 représente le pH en fonction de cette grandeur : les points S1 à S4 sont proches de la droite $\mathrm{pH} = -\log(C_n/c^0)$. Par exemple, pour des abscisses d'environ 2, 3 et 4, les pH mesurés sont respectivement proches de 2,2, 3,1 et 4,1. Les écarts restent faibles au regard de la lecture graphique.

RÉPONSE À RETENIR

Les mesures suivent approximativement la relation attendue pour un acide fort : l'acide sulfamique peut donc être considéré comme un acide fort dans les conditions de l'expérience.

2. Synthèse d'une coumarine en présence d'acide sulfamique

Question Q5.

Sujet p. 3, 4

> Montrer que le spectre infrarouge du produit obtenu est compatible avec la structure de la molécule de la 7-hydroxy-4-méthylcoumarine (composé A).

La structure du composé A comporte un groupe hydroxyle $\mathrm{O-H}$ et un groupe carbonyle $\mathrm{C=O}$ dans un cycle lactone, ainsi que des liaisons $\mathrm{C-O}$. Sur le spectre, on relève une absorption dans la zone des liaisons $\mathrm{O-H}$, vers 3500–3700 $\mathrm{cm^{-1}}$, une forte absorption dans la zone du carbonyle, vers 1650–1740 $\mathrm{cm^{-1}}$, et des absorptions dans la zone des liaisons $\mathrm{C-O}$, vers 1040–1300 $\mathrm{cm^{-1}}$. Ces bandes sont compatibles avec les groupes présents dans la molécule proposée.

Un spectre compatible appuie cette identification sans constituer à lui seul une preuve unique de la structure.

RÉPONSE À RETENIR

Les absorptions observées pour $\mathrm{O-H}$, $\mathrm{C=O}$ et $\mathrm{C-O}$ rendent le spectre compatible avec la structure de la 7-hydroxy-4-méthylcoumarine.

Question Q6.

Sujet p. 3, 5

> Calculer la valeur du rendement η_1 de cette synthèse. On introduit un volume V_R = 11,1 mL de résorcinol et une masse m_AE = 14,2 g d'acétylacétate d'éthyle. Le produit obtenu après purification est sous forme de cristaux de masse m = 12,4 g.

La réaction consomme une mole de résorcinol pour une mole d'acétylacétate d'éthyle et forme une mole de composé A. La densité du résorcinol étant $d = 1{,}08$, on prend $\rho_R = 1{,}08\ \mathrm{g\cdot mL^{-1}}$. Sa masse introduite vaut :

$m_R = \rho_R V_R = 1{,}08 \times 11{,}1 = 11{,}988\ \mathrm{g}$, soit environ $12{,}0\ \mathrm{g}$.

Les quantités de matière sont donc $n_R = 11{,}988/110 = 0{,}1090\ \mathrm{mol}$ et $n_{AE} = 14{,}2/130 = 0{,}1092\ \mathrm{mol}$. Le résorcinol est le réactif limitant. La masse théorique de composé A vaut alors $m_{A,\mathrm{th}} = n_R M_A = 0{,}1090 \times 176 = 19{,}18\ \mathrm{g}$. Le rendement s'obtient par $\eta_1 = (m/m_{A,\mathrm{th}}) \times 100$.

RÉPONSE À RETENIR

$\eta_1 = \dfrac{12{,}4}{19{,}18} \times 100 = 64{,}7\ \%$, soit environ $\boxed{65\ \%}$.

3. Synthèse d'une coumarine en présence d'acide paratoluènesulfonique

Question Q7.

Sujet p. 5

Recopier la formule topologique de l'acétoacétate d'éthyle, entourer les deux groupes caractéristiques sur la copie et nommer les familles fonctionnelles correspondantes.

La formule semi-développée de l'acétoacétate d'éthyle est $CH_3 - C(=O) - CH_2 - C(=O) - O - CH_2 - CH_3$. Sur la formule topologique, il faut entourer le groupe carbonyle de la partie $CH_3 - C(=O)-$, lié à deux atomes de carbone, et le groupe $-C(=O) - O-$.

RÉPONSE À RETENIR

Les deux groupes caractéristiques correspondent aux familles de la **cétone** et de l'**ester**.

Question Q8.

Sujet p. 6

Recopier l'étape 1 du mécanisme sur la copie et y placer la flèche courbe expliquant le mécanisme.

À l'étape 1, le carbonyle de l'acétoacétate d'éthyle est protoné. La flèche courbe à tracer part d'un doublet non liant de l'oxygène du carbonyle représenté dans cette étape et pointe vers le proton H^+. Ce doublet forme la liaison $O - H$; l'oxygène protoné porte une charge positive.

RÉPONSE À RETENIR

La flèche courbe va du doublet non liant de l'oxygène du carbonyle vers H^+ : elle représente la protonation du carbonyle.

Question Q9.

Sujet p. 6

Identifier la catégorie de réaction de l'étape 2 représentée Figure 4 parmi les suivantes : addition, élimination ou substitution.

À l'étape 2, une liaison se forme entre le réactif organique et le carbone du carbonyle protoné, tandis que la liaison double $C = O$ devient une liaison simple $C - O$. Cette étape est une addition sur le carbonyle.

RÉPONSE À RETENIR

La catégorie de réaction de l'étape 2 est une **addition**.

Question Q10.

Sujet p. 6

Donner la définition d'un catalyseur.

Un catalyseur participe à la transformation en fournissant une voie réactionnelle qui permet généralement une réaction plus rapide. Il est régénéré au cours du mécanisme et n'est pas consommé dans le bilan global de la réaction.

RÉPONSE À RETENIR

Un catalyseur accélère une réaction chimique sans être consommé dans le bilan global de la transformation.

Question Q11.

Sujet p. 6, 7

> Indiquer le rôle de l'eau dans la cristallisation du produit brut obtenu qu'on recueille dans la boîte de Pétri.

D'après le tableau de solubilité, le composé A est insoluble dans l'eau. Ajoutée au mélange refroidi, l'eau diminue la solubilité du produit dans le milieu et favorise sa précipitation sous forme de cristaux. Elle joue le rôle d'antisolvant pour le composé A.

RÉPONSE À RETENIR

L'eau provoque la précipitation du composé A, insoluble dans ce solvant, et permet de recueillir le produit brut cristallisé.

Question Q12.

Sujet p. 5, 7

> Suite à la recristallisation, on observe une perte de masse du solide récupéré. En supposant que la transformation n'est pas totale, indiquer les espèces éliminées du solide après recristallisation dans le mélange éthanol-eau.

Si la transformation n'est pas totale, le solide brut peut contenir du résorcinol et de l'acétoacétate d'éthyle non réagis. Le tableau indique que ces deux réactifs sont solubles dans l'éthanol. L'APTS est également soluble dans l'éthanol et dans l'eau. Lors de la recristallisation et de la filtration, ces espèces restent dissoutes dans le mélange éthanol-eau et sont éliminées avec la solution mère. Le composé A, peu soluble dans l'éthanol froid et insoluble dans l'eau, recristallise.

RÉPONSE À RETENIR

Les espèces éliminées du solide sont le résorcinol et l'acétoacétate d'éthyle non réagis, ainsi que l'APTS.

Question Q13.

Sujet p. 7

> Indiquer, parmi les montages A, B et C proposés Figure 5, celui utilisant une pression réduite et un entonnoir de Büchner.

Une filtration sous pression réduite utilise un entonnoir de Büchner placé sur une fiole à vide munie d'une tubulure latérale reliée à une aspiration. C'est la configuration du montage B.

RÉPONSE À RETENIR

Le montage recherché est le **montage B**.

Question Q14.

Sujet p. 5, 6, 7, 8

> À l'aide des données du protocole, vérifier que les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques.

La réaction consomme le résorcinol et l'acétoacétate d'éthyle dans un rapport stœchiométrique 1:1. Avec les masses introduites dans le protocole :

$$n_R = \frac{m_R}{M_R} = \frac{2{,}20}{110} = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol},$$
$$n_{AE} = \frac{m_{AE}}{M_{AE}} = \frac{2{,}60}{130} = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol}.$$

L'APTS est un catalyseur et ne fait pas partie du rapport stœchiométrique entre les deux réactifs.

RÉPONSE À RETENIR

Les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques : $\boxed{n_R = n_{AE} = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol}}$.

Question Q15.

Sujet p. 5, 6, 7, 8

> On recueille une masse de produit m_A = 2,0 g de composé A purifié. Calculer la valeur du rendement η_2 de cette synthèse.

Les deux réactifs étant en proportions stœchiométriques et réagissant selon un rapport 1:1, la quantité maximale de composé A est $2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol}$. La masse théorique maximale vaut :

$m_{A,\text{th}} = nM_A = 2{,}00 \times 10^{-2} \times 176 = 3{,}52\ \text{g}.$

Le rendement est le rapport de la masse de produit purifié obtenue à cette masse théorique, exprimé en pourcentage.

RÉPONSE À RETENIR

$\eta_2 = \dfrac{2{,}0}{3{,}52} \times 100 = 56{,}8\ \%$, soit environ $\boxed{57\ \%}$.

Question Q16.

Sujet p. 3, 5, 6, 7, 8

> Discuter d'un avantage et d'un inconvénient de chaque voie de synthèse.

Pour la voie en présence d'acide sulfamique, le protocole indique une réaction de 20 minutes à 130 °C et le rendement calculé est d'environ 65 %. Pour la voie en présence d'APTS, la réaction dure 10 minutes à environ 60 °C et le rendement est d'environ 57 %. Cette seconde voie comporte en outre une recristallisation pour purifier le produit.

RÉPONSE À RETENIR

- **Voie à l'acide sulfamique :** avantage : le rendement obtenu est supérieur, environ 65 % contre 57 %. Inconvénient : la réaction est menée à une température plus élevée, 130 °C, et dure plus longtemps, 20 minutes.
- **Voie à l'APTS :** avantage : la réaction se déroule à plus basse température et en moins de temps, environ 60 °C pendant 10 minutes. Inconvénient : le rendement est plus faible et la recristallisation ajoute une étape de purification, au cours de laquelle une partie du produit peut être perdue.

Exercice 2

5 points

La scintigraphie cardiaque

Question Q1.

Sujet p. 9

> Préciser à quel type de désintégration correspond la transformation nucléaire $^{201}_{81}\mathrm{Tl} \rightarrow {}^{201}_{80}\mathrm{Hg}^{*} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e}$.

Dans l'équation nucléaire, le nombre de masse reste égal à 201 et le numéro atomique diminue de 81 à 80. La particule émise a un nombre de masse nul et une charge électrique positive, ce qui correspond à un positon.

RÉPONSE À RETENIR

Il s'agit d'une désintégration bêta plus, notée β^{+}, avec émission d'un positon.

Question Q2.

Sujet p. 9

> À l'aide des données, exprimer puis calculer la longueur d'onde λ_v de ce rayonnement d'énergie E égale à 135 keV dans le vide.

On convertit l'énergie du photon en joules : $E = 135 \times 10^{3} \times 1{,}60 \times 10^{-19} = 2{,}16 \times 10^{-14}\ \mathrm{J}$. À partir de $E = hc/\lambda_v$, on isole la longueur d'onde : $\lambda_v = hc/E$.

En appliquant les données : $\lambda_v = \dfrac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{2{,}16 \times 10^{-14}} = 9{,}21 \times 10^{-12}\ \mathrm{m}$, à trois chiffres significatifs.

RÉPONSE À RETENIR

La longueur d'onde dans le vide vaut $\lambda_v \approx 9{,}21 \times 10^{-12}\ \mathrm{m}$.

Question Q3.

Sujet p. 9

> Retrouver alors le domaine du spectre auquel appartient ce rayonnement lors de la désintégration du thallium 201.

Le schéma des domaines spectraux indique que les rayons γ correspondent aux longueurs d'onde inférieures à $10^{-11}\ \mathrm{m}$. Or $9{,}21 \times 10^{-12}\ \mathrm{m} < 10^{-11}\ \mathrm{m}$.

RÉPONSE À RETENIR

Le photon appartient au domaine des rayons γ.

Question Q4.

Sujet p. 9

> Citer une méthode de protection contre ces rayonnements ionisants.

Les rayons γ sont ionisants et pénétrants. Un écran épais de plomb interposé entre la source et les personnes exposées permet d'atténuer le rayonnement.

RÉPONSE À RETENIR

On peut se protéger en interposant un écran de plomb entre la source et soi.

Question Q5.

Sujet p. 10

> Donner la relation entre l'activité A(t) d'un échantillon et la dérivée temporelle du nombre de noyaux radioactifs N(t), notée dN(t)/dt, dans cet échantillon.

L'activité est le nombre de désintégrations par unité de temps. Comme $N(t)$, le nombre de noyaux radioactifs restants, diminue au cours du temps, sa dérivée est négative. L'activité, positive, est donc l'opposé de cette dérivée.

RÉPONSE À RETENIR

$$A(t) = -\frac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t}.$$

Question Q6.

Sujet p. 10

> Établir l'équation différentielle régissant la population de noyaux radioactifs N(t) sous la forme dN(t)/dt + λN(t) = 0.

On dispose des relations $A(t) = \lambda N(t)$ et $A(t) = -\frac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t}$. En les égalant, on obtient $-\frac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t} = \lambda N(t)$. En réarrangeant, on trouve l'équation différentielle demandée.

RÉPONSE À RETENIR

$$\frac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t} + \lambda N(t) = 0.$$

Question Q7.

Sujet p. 10

> Vérifier que N(t) = $N_0 e^{-\lambda \cdot t}$ est solution de l'équation différentielle précédente, avec N_0 le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon.

Pour $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, la dérivée est $\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N(t)$. En substituant dans l'équation différentielle, le membre de gauche vaut $-\lambda N(t) + \lambda N(t) = 0$. De plus, $N(0) = N_0$.

RÉPONSE À RETENIR

$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ vérifie l'équation différentielle et la condition initiale $N(0) = N_0$.

Question Q8.

Sujet p. 10

> Établir l'expression de la constante radioactive en fonction du temps de demi-vie $t_{1/2}$. En déduire que la valeur de la constante radioactive λ du thallium 201 est 2,64 × 10^{-6} s^{-1}.

Par définition de la demi-vie, $N(t_{1/2}) = N_0/2$. En utilisant $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, on obtient $1/2 = e^{-\lambda t_{1/2}}$. En prenant le logarithme népérien, $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

Conversion de la demi-vie en secondes : $t_{1/2} = 3{,}04 \times 86400 = 262656$ s. Ainsi, $\lambda = \frac{\ln 2}{262656} = 2{,}64 \times 10^{-6}\ \mathrm{s}^{-1}$, à trois chiffres significatifs.

RÉPONSE À RETENIR

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 2{,}64 \times 10^{-6}\ \mathrm{s}^{-1}.$$

Question Q9.

Sujet p. 10

> Calculer l'activité restante A_r chez le patient deux heures après l'injection. Conclure.

La loi de décroissance de l'activité est $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$. Deux heures correspondent à $t = 2 \times 3600 = 7200$ s. Avec $A_0 = 78$ MBq et $\lambda = 2{,}64 \times 10^{-6}$ s^{-1} :

$A_r = 78 e^{-(2{,}64\times10^{-6})(7200)}$ MBq $\approx 76{,}5$ MBq.

Cette valeur ne prend en compte que la décroissance radioactive ; elle ne modélise pas l'élimination biologique du thallium par l'organisme.

RÉPONSE À RETENIR

Deux heures après l'injection, l'activité restante est d'environ $76{,}5$ MBq, proche de l'activité initiale de 78 MBq.

Question Q10.

Sujet p. 10

> Calculer la durée $t_{1\%}$, en jours, au bout de laquelle l'activité radioactive du thallium 201 est égale à 1 % de sa valeur initiale A_0. Justifier alors le fait qu'il est nécessaire de boire beaucoup d'eau après l'examen.

On impose $A(t_{1\%}) = 0{,}01 A_0$ dans $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$. Après simplification par A_0, $0{,}01 = e^{-\lambda t_{1\%}}$, donc $t_{1\%} = \dfrac{\ln(100)}{\lambda}$. En exprimant la constante radioactive en jours, $\lambda = \dfrac{\ln 2}{3{,}04}$ jour^{-1}, d'où $t_{1\%} = 3{,}04 \dfrac{\ln(100)}{\ln 2} \approx 20{,}2$ jours.

La décroissance radioactive seule demande donc environ 20 jours pour que l'activité atteigne 1 % de sa valeur initiale. Boire beaucoup d'eau favorise l'élimination urinaire du thallium encore présent dans l'organisme et réduit ainsi le temps pendant lequel il y reste ; cela n'accélère pas la désintégration nucléaire elle-même.

RÉPONSE À RETENIR

$t_{1\%} \approx 20{,}2$ jours. Boire beaucoup d'eau favorise l'élimination urinaire du thallium restant dans l'organisme.

Exercice 3

6 points

La saga de la découverte des trous noirs

Question Q1.

Sujet p. 11

> Expliquer que la vitesse de l'étoile S2 en 2002 est supérieure à la vitesse de S2 en 1993.

La deuxième loi de Kepler indique que le rayon vecteur reliant SgrA* à S2 balaie des aires égales pendant des durées égales. Sur la figure, 1993 correspond à une position proche de l'extrémité de l'ellipse la plus éloignée de SgrA*, tandis qu'en 2002 l'étoile est proche de SgrA*. À ces deux positions extrêmes, la vitesse est approximativement perpendiculaire au rayon vecteur. Or la vitesse aréolaire vaut alors $\frac{1}{2}rv$ et reste constante : lorsque r diminue, v augmente.

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse de S2 en 2002 est supérieure à celle de S2 en 1993, car l'étoile est beaucoup plus proche de SgrA* en 2002.

Question Q2.

Sujet p. 11

> À partir de la Figure 1, montrer que la valeur de la période de révolution T de l'étoile S2 autour de SgrA* est de l'ordre de 19 ans.

La figure montre S2 près de l'extrémité éloignée de son orbite en 1993, puis près de l'extrémité proche de SgrA* en 2002. Ces positions sont approximativement opposées sur l'ellipse : le temps écoulé correspond donc à environ une demi-révolution. On lit $2002 - 1993 = 9$ ans, d'où $T \approx 2 \times 9 = 18$ ans. Cette lecture étant approximative, elle permet bien de conclure que la période est de l'ordre de 19 ans.

RÉPONSE À RETENIR

La période de révolution est estimée à environ 18 ans à partir de la figure, soit une valeur de l'ordre de 19 ans.

Question Q3.

Sujet p. 12

> À l'aide de la deuxième loi de Newton appliquée à l'étoile Sf considérée comme ponctuelle, exprimer son vecteur accélération a⃗ en fonction de G, M, r et du vecteur u⃗ₙ.

Dans le référentiel galiléen, l'étoile Sf est uniquement soumise à la force gravitationnelle exercée par SgrA*. Sa norme est $F = G\dfrac{Mm_f}{r^2}$, et elle est orientée vers SgrA*, dans le sens de $\vec{u}_n$ sur la figure. D'après la deuxième loi de Newton, $m_f\vec{a} = \vec{F}$. En divisant par m_f, on obtient l'expression de l'accélération.

RÉPONSE À RETENIR

$\vec{a} = \dfrac{GM}{r^2}\,\vec{u}_n$.

Question Q4.

Sujet p. 12

> Recopier la Figure 2 sur votre copie, sans souci d'échelle, et représenter, au point Sf, les vecteurs vitesse v⃗ et

> accélération a⃗ de l'étoile Sf.

Sur la Figure 2, $\vec{u}_t$ est tangent à la trajectoire et orienté vers le haut et la gauche au point Sf. Le vecteur $\vec{u}_n$ est dirigé vers le centre du cercle, donc vers SgrA* (vers le bas et la gauche depuis Sf). La vitesse suit la tangente dans le sens de rotation indiqué, et l'accélération est centripète, dans le sens de $\vec{u}_n$.

Vecteurs vitesse et accélération au point Sf

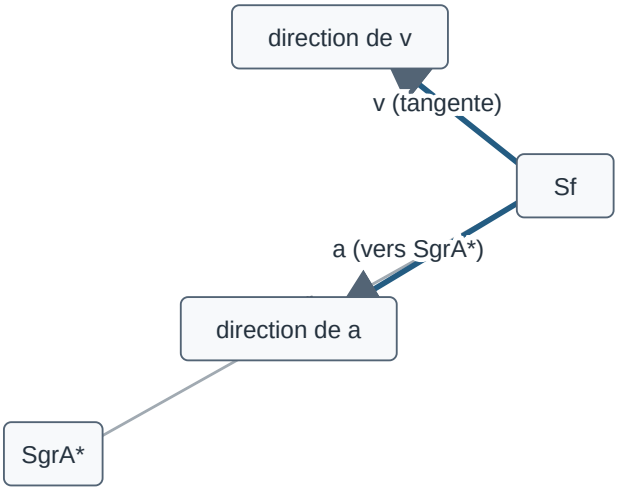


Schéma de principe : la vitesse est tangentielle et l'accélération est centripète.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Au point Sf, tracer $\vec{v}$ tangent à la trajectoire vers le haut et la gauche, et $\vec{a}$ vers SgrA*, donc vers le bas et la gauche.

Question Q5.

Sujet p. 12

> En utilisant l'expression du vecteur accélération dans la base de Frenet, montrer alors que, dans le cadre de l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement de l'étoile Sf est circulaire uniforme.

Dans la base de Frenet, pour une trajectoire circulaire de rayon r, l'accélération s'écrit $\vec{a} = \dfrac{dv}{dt}\vec{u}_t + \dfrac{v^2}{r}\vec{u}_n$. D'après Q3, l'accélération gravitationnelle est uniquement normale : $\vec{a} = \dfrac{GM}{r^2}\vec{u}_n$. En identifiant les composantes selon $\vec{u}_t$, on obtient $\dfrac{dv}{dt} = 0$. La valeur de la vitesse est donc constante. Comme la trajectoire est circulaire, le mouvement est circulaire uniforme.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le mouvement de Sf est circulaire uniforme : la trajectoire est circulaire et la vitesse est constante.

Question Q6.

Sujet p. 12

> Montrer également que l'expression de la vitesse v de l'étoile Sf est : v = √(GM/r).

En identifiant les composantes normales de l'accélération de Frenet et de l'accélération gravitationnelle, on obtient $\frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2}$. En multipliant par r, puis en prenant la racine positive puisque v est une valeur de vitesse, il vient $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$.

RÉPONSE À RETENIR

$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$.

Question Q7.

Sujet p. 12

> On définit T comme la période de révolution de l'étoile S autour du trou noir SgrA*. Retrouver l'expression de la troisième loi de Kepler : T²/r³ = 4π²/(GM).

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon r et de période T, la distance parcourue en une période est $2\pi r$, donc $v = \frac{2\pi r}{T}$. D'après Q6, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. En égalant ces expressions et en élevant au carré, on obtient $\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM}{r}$. En réarrangeant, $T^2/r^3 = 4\pi^2/(GM)$.

RÉPONSE À RETENIR

$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$.

Question Q8.

Sujet p. 11, 12

> Déterminer la valeur de la masse M du trou noir SgrA*. Comparer le résultat à la valeur annoncée dans l'article de Sciences et Avenir cité en préambule. Commenter.

À partir de Q7, on isole la masse : $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$. En unités SI, $r = 1{,}74 \times 10^{11}\ \text{km} = 1{,}74 \times 10^{14}\ \text{m}$. En prenant $1\ \text{an} = 365$ jours et $1\ \text{jour} = 86400\ \text{s}$, $T = 19 \times 365 \times 86400 = 5{,}99184 \times 10^8\ \text{s}$. Ainsi, avec $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3\,\text{kg}^{-1}\,\text{s}^{-2}$, $M = \frac{4\pi^2 (1{,}74 \times 10^{14})^3}{(6{,}67 \times 10^{-11})(5{,}99184 \times 10^8)^2} \approx 8{,}7 \times 10^{36}\ \text{kg}$. En divisant par la masse solaire donnée, $\frac{M}{M_S} = \frac{8{,}7 \times 10^{36}}{1{,}99 \times 10^{30}} \approx 4{,}4 \times 10^6$.

RÉPONSE À RETENIR

La masse estimée de SgrA* est $M \approx 8{,}7 \times 10^{36}\ \text{kg}$, soit environ $4{,}4 \times 10^6$ masses solaires. Elle est cohérente avec les quelque 4,4 millions de masses solaires annoncés dans l'article. Le calcul utilise des valeurs arrondies de r et de T, ce qui limite la précision de l'estimation.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2026/spe-physique-chimie-2026-polynesie-1-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.