NOM : .... Prénom : .... Groupe : .....

I.S. de P3 du jeudi 6 Novembre 2025
Durée : 1h30

INSCRIRE SON NOM, PRENOM, GROUPE EN HAUT DE CHAQUE FEUILLE
Une calculatrice non programmable, non graphique est autorisée.
Pour les élèves internationaux, les dictionnaires en papier non-annotés sont autorisés.
Les téléphones portables et montres connectées doivent être éteints et rangés dans les sacs.

TOUTE APPLICATION NUMERIQUE EST PRECEDEE D'UN CALCUL LITTERAL
ET COMPORTE UNE UNITE.

Exercice 1 : Utilisation d'une pile

Partie A : Caractéristique de la pile

On donne sur la figure 1 la caractéristique d'une pile.

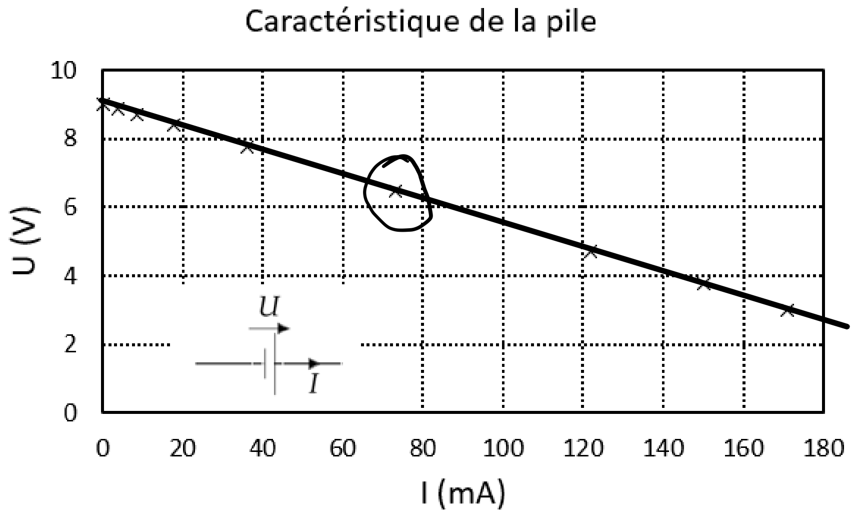
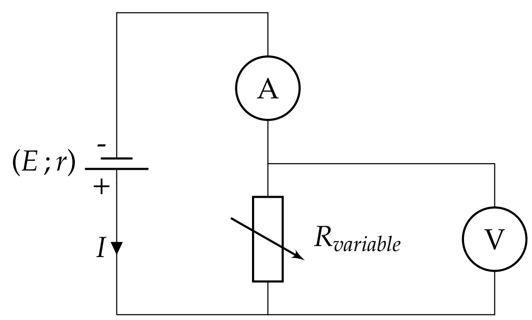


Figure 1

1) Proposer un montage électrique permettant de mesurer les différents points expérimentaux de la caractéristique.



On varie la valeur de la résistance variable. Pour chaque valeur de R, on a un point de la caractéristique.

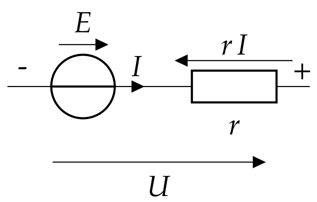
2) On remarque que la caractéristique est linéaire. Déterminer l'équation de la droite correspondante.

L'ordonnée à l'origine de la droite est a =9 V.
Pour le calcul de la pente, on prend un autre point, par exemple (170 mA ;3 V). Le coefficient directeur est : $b = \frac{3-9}{0{,}170} = 35\,\Omega$.

On a donc l'équation suivante : $\boxed{U = 9 - 35\,I}$.

3) En déduire un modèle de Thévenin équivalent pour la pile en donnant les valeurs E de la tension à vide de la pile (quand $i = 0$) et r de la résistance interne de la pile. Faire un **schéma** du modèle de Thévenin précédent en indiquant les polarités + et - de la pile.

Cette équation correspond au modèle de Thévenin suivant :



Avec $E = 9$ V et $r = 35\,\Omega$, on obtient $U = 9 - 35\,I$, l'équation de la droite précédente (U en V, I en mA).

4) Dans cette question, on s'intéresse à la mesure d'un point de cette caractéristique. On mesure la tension et l'intensité dans le circuit grâce à deux multimètres DMM 141 (notice en annexe).

Pour l'intensité, on trouve en mA

0	7	1	.	5

Pour la tension, on trouve en V

0	6	.	5	2

Déterminer les incertitudes de chaque mesure. Donner les intervalles de confiance avec le niveau de confiance associé. Quelle type d'erreur est mise en évidence ? Est-ce que cela correspond bien à un point de la caractéristique ? Entourer le point.

Pour la tension, la notice précise : 0,5%+3 pt.
On a donc $\Delta U = \frac{0{,}5}{100} \times 6,52 + 3 \times 0,01 = 0,0626$ V. En arrondissant à l'excès avec un seul chiffre, cela donne 0,07 V.
Finalement, on le résultat suivant : $\boxed{U \in [6,45\,\mathrm{V}; 6,59\,\mathrm{V}]}$.

Pour l'intensité, la notice précise : 1,5%+3 pt.
On a donc $\Delta i = \frac{1{,}5}{100} \times 71,5 + 3 \times 0,1 = 1,3725$ mA. En arrondissant à l'excès avec un seul chiffre, cela donne 2 mA.
Finalement, on a le résultat suivant : $\boxed{U \in [70\,\mathrm{mA}; 74\,\mathrm{mA}]}$.

Dans les deux cas, il s'agit d'une <u>erreur aléatoire</u> avec un niveau de confiance de 95%.

Cela correspond au sixième point de la caractéristique.

Partie B : Utilisation de la pile

On connecte sur cette pile un appareil électronique modélisé par une résistance $R_u = 100\,\Omega$. Cet appareil électronique ne doit pas subir de tensions négatives au risque d'être endommagé.

Pour éviter d'endommager cet appareil, on connecte en parallèle une diode 1N4148 et on ajoute sur la branche de la pile un fusible selon le schéma de la figure 2. On donne la caractéristique de la diode sur la figure 4. On considère que le fusible a une résistance nulle (se comporte comme un fil). Le fusible fond pour $i > 100$ mA et le courant est alors coupée.

Si on connecte la pile dans le bon sens, la diode est bloquante et se comporte comme un interrupteur ouvert.

NOM : .... Prénom : .... Groupe : .....

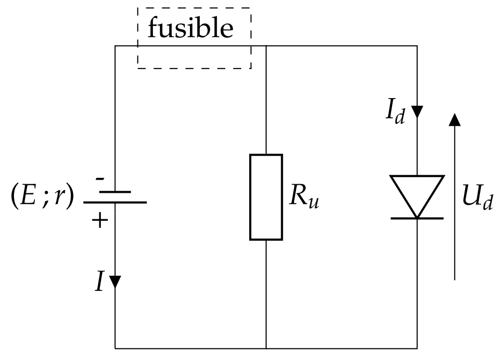
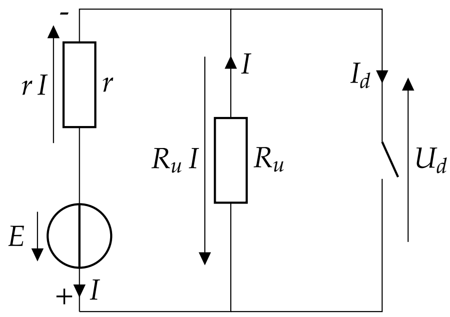


Figure 2

5) Faire un schéma en remplaçant la pile par son modèle équivalent trouvé à la question 3 et la diode par un interrupteur ouvert. Calculer l'intensité circulant dans R_u.



Le courant dans la diode est nul ($I_d = 0$). Le courant I traverse la résistance R_u et l'application de la loi des mailles donne : $E - R_u\,I - r\,I = 0$.
On obtient l'expression de I : $\boxed{I = \frac{E}{R_u + r}}$.

Application numérique : $I = 66,7$ mA.

L'objectif de la suite de l'exercice est de montrer que dans le cas où la pile est connectée en inversant ses bornes positives et négatives, la diode permet de protéger la charge R_u.
Sur la figure 3, les polarités de la pile ont été **inversées**.

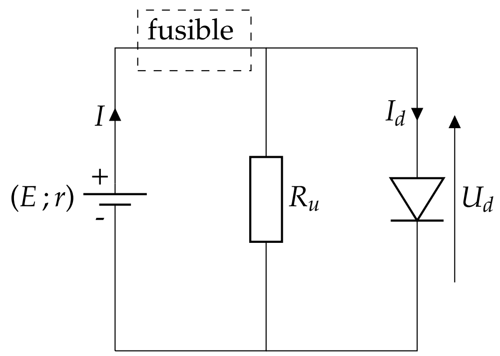
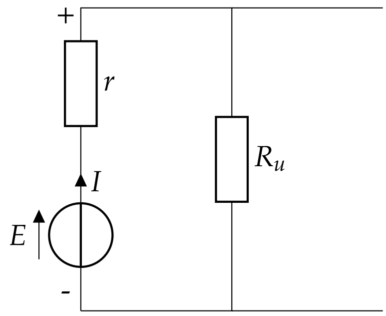
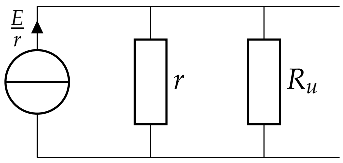


Figure 3

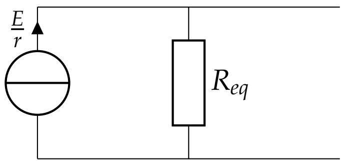
6) Remplacer la pile par son modèle de Thévenin équivalent trouvé à la question 3. Déterminer les expressions littérales du générateur de Thévenin équivalent (E_{th}, R_{th}) à l'ensemble {pile + R_u}. On ne tiendra pas compte du fusible de résistance nulle.



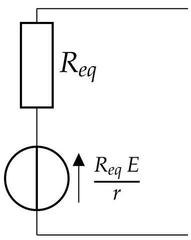
On remplace le générateur de Thévenin (E, r) par son modèle de Norton équivalent :



On associe les résistances en parallèle et on obtient la résistance équivalente : $R_{eq} = \frac{R_u\, r}{R_u + r}$.



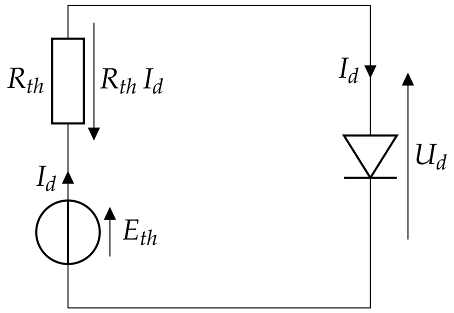
On remplace le générateur de Norton par son modèle de Thévenin équivalent :



On trouve donc $\boxed{E_{th} = \frac{R_u}{R_u + r} E}$ et $\boxed{R_{th} = R_{eq} = \frac{R_u\, r}{R_u + r}}$.

On trouve $E_{th} = 6,67$ V et $R_{th} = 25,9\,\Omega$

8) Faire un schéma en connectant la diode au générateur de Thévenin ($\{E_{th}, R_{th}\}$) déterminé précédemment. Sur la figure 4, tracer la caractéristique de ce générateur et en déduire le point de fonctionnement de ce circuit. Les constructions graphiques seront clairement indiquées sur la figure.



On doit tracer la caractéristique $E_{th} - R_{th}I$. Le point de fonctionnement sera à l'intersection avec la caractéristique de la diode puisque $U_d = E_{th} - R_{th}I$.

On choisit deux points : pour $U = 0$ V, on a $I = \frac{E_{th}}{R_{th}} = 257$ mA et pour $U = 1$ V, $I = \frac{E_{th}}{R_{th}} - \frac{U}{R_{th}} = 219$ mA.

On trouve le point de fonctionnement pour $\boxed{U = 0,81 \text{ V et } I = 227 \text{ mA.}}$

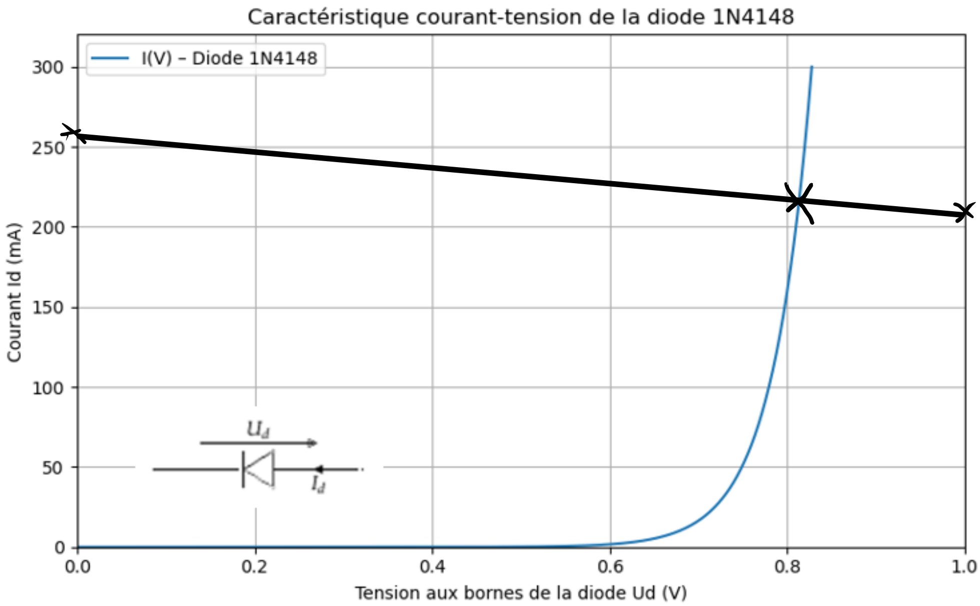
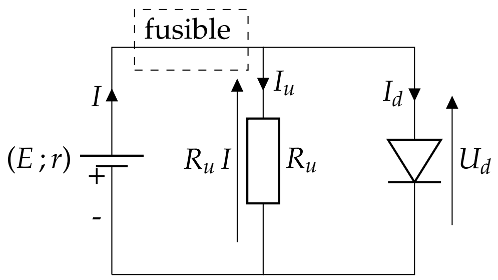


Figure 4 – Caractéristique de la diode en convention récepteur

9) En revenant au schéma de la figure 3, calculer l'intensité qui passe dans R_u et l'intensité qui passe dans la pile. Commenter.



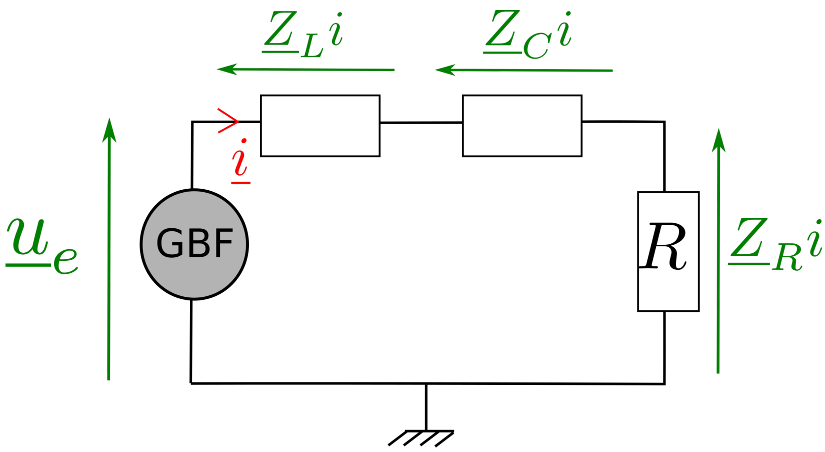
Sur la figure 3, on a $U_d = R_u\, I_u$, ce qui donne l'intensité dans R_u, $\boxed{I_u = \frac{U_d}{R_u} = \frac{0{,}82}{100} = 8,1 \text{ mA}}$.

En appliquant la loi des noeuds, on trouve $\boxed{I = I_u + I_d = 227 + 8,1 = 235 \text{ mA}}$.

L'intensité circulant dans la pile est supérieure 100 mA. Le fusible fond et le courant est coupé. L'appareil n'est pas endommagé à cause du mauvais branchement de la pile.

Exercice 2 : Dipôle RLC en régime sinusoïdal forcé

On considère le dipôle RLC ci-dessous alimenté par un GBF réglé en régime sinusoïdal de pulsation ω. On négligera la résistance interne du GBF ainsi que celle de la bobine.



On prendra la tension délivrée par le GBF comme origine des phases c'est-à-dire : $u_e(t) = U_{e,max}\cos(\omega t)$

Données numériques : C= 1,00 μF et $R = 118\ \Omega$

1) Donner l'expression de la grandeur complexe $\underline{u}_e$ associée à la grandeur instantanée $u_e(t)$.

On a $u_e(t) = U_{e,max}\cos(\omega t)$ et donc $\boxed{\underline{u}_e = U_{e,max}\exp(j\omega t)}$

2) Exprimer en fonction de R,L,C et ω l'impédance complexe $\underline{Z}$ du dipôle RLC du réseau linéaire ci-dessus.

Les trois dipôles étant branchés en série, on somme les impédances complexes $\underline{Z} = \underline{Z}_R + \underline{Z}_L + \underline{Z}_C$ ce qui donne : $\boxed{\underline{Z} = R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}}$

3) Déterminer alors l'expression de la grandeur complexe $\underline{i}$ en fonction de $\underline{u}_e$ et des impédances complexes des différents dipôles. Donner alors le module $|\underline{i}|$ de $\underline{i}$ et son argument Arg($\underline{i}$) en fonction de toutes ou partie des grandeurs $U_{e,max}, R, L, C$ et ω.

On flèche les tension sur le circuit ci-dessus et une loi des mailles sur le circuit donne :
$\underline{i} = \frac{\underline{u}_e}{\underline{Z}_R + \underline{Z}_L + \underline{Z}_C}$ c'est à dire $\boxed{\underline{i} = \frac{\underline{u}_e}{R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}}}$

L'amplitude I_{max} du courant $i(t)$ est égale au module de l'amplitude complexe $\underline{i}$.

On a alors : $I_{max} = \frac{U_{e,max}}{|R + j(L\omega - \frac{1}{C\omega})|}$ et donc $\boxed{I_{max} = \frac{U_{e,max}}{\sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}}}$

$\text{Arg}(\underline{i}) = \text{Arg}(\underline{e}) - \text{Arg}\left(R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}\right)$ et donc $\boxed{Arg(\underline{i}) = \omega t - \arctan\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)}$

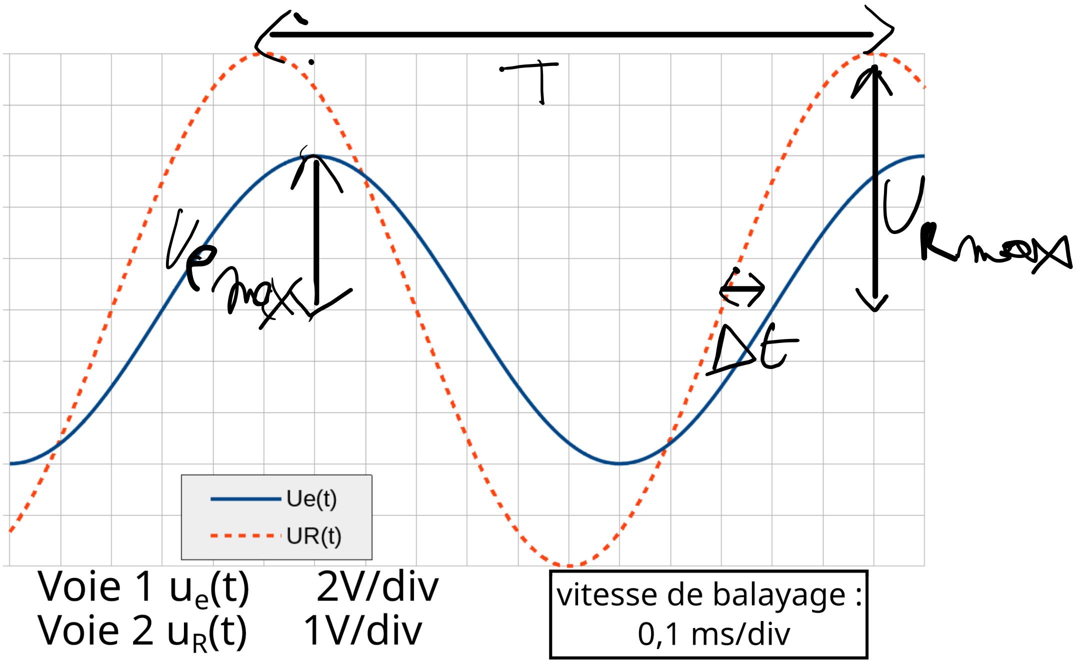
On visualise la tension $u_e(t)$ délivrée par le GBF sur la voie 1 d'un oscilloscope et la tension $u_R(t)$ aux bornes de la résistance sur la voie 2. On observe l'oscillogramme ci-dessous.

4) Déduire de l'oscillogramme (indiquer clairement les constructions graphiques sur l'oscillogramme)

4a) la pulsation ω de la tension délivrée par le GBF.

On mesure la période T d'un des deux signaux, il s'agit de l'écart temporel entre deux maxima de $u_e(t)$ par exemple. On trouve $T = 12 \times 0,1$ ms $= 1,2$ ms $= 1,2 \times 10^{-3}$ s
Puisque $\omega = \frac{2\pi}{T}$, on obtient : $\boxed{\omega\text{=5200 rad.s}^{-1}}$.

NOM : .... **Prénom :** .... **Groupe :** .....



4b) la valeur numérique du module de l'impédance complexe $\underline{Z}$ du dipôle R,L,C.

On mesure sur l'oscillogramme les amplitudes des deux signaux. On obtient :
$U_{e,max} = 3 \times 2$ (V/div) $= 6$ V et $U_{R,max} = 5 \times 1$ (V/div) $= 5$ V

D'autre part, on a $I_{max} = \dfrac{U_{R,max}}{R}$ et $Z = \dfrac{U_{e,max}}{I_{max}}$ ce qui donne : $\boxed{Z = \dfrac{U_{e,max} \times R}{U_{R,max}}}$

AN : $Z = \dfrac{6 \times 118}{5}$ $\boxed{Z = 140\ \Omega}$

5.a) $u_R(t)$ est-elle en retard, en avance par rapport à $u_e(t)$ ou en phase avec $u_e(t)$?

La tension $u_R(t)$ est en avance par rapport à la tension $u_e(t)$ car elle atteint son maximum avant $u_e(t)$.

5.b) Déterminer le déphasage ψ de l'intensité $i(t)$ par rapport à la tension $u_e(t)$ appliquée aux bornes de tout le circuit ($\psi = \phi_i - \phi_{ue}$).

Les signaux $i(t)$ et $u_R(t)$ sont en phase car $u_R(t) = Ri(t)$ donc le courant $i(t)$ est en avance par rapport à la tension $u_e(t)$. Puisque ψ est le déphasage de $i(t)$ par rapport à $u_e(t)$, on a donc $\psi > 0$.

D'autre part, on a $|\psi| = \dfrac{2\pi\Delta t}{T}$ où Δt est la durée entre les instants où les fonctions $u_R(t)$ et $u_e(t)$ atteignent leurs maxima.

On a donc $|\psi| = \frac{2\pi \times 1}{12}$ ce qui donne $|\psi| = \dfrac{\pi}{6}$. Finalement $\boxed{\psi = \dfrac{\pi}{6}}$

5.c) Déterminer alors la valeur de l'inductance L de la bobine.

D'après la question 4 et puisque $\phi_{ue} = 0$, on a $\psi = \phi_i - \phi_{ue} = Arg(\underline{i}) - \omega t = -\arctan\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)$, d'où

$\tan\dfrac{\pi}{6} = -\dfrac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$ ou encore :

$\boxed{L = \dfrac{1}{\omega}\left(\dfrac{1}{C\omega} - R\tan\dfrac{\pi}{6}\right)}$ AN : $\boxed{L = 24\ \text{mH}}$

5.d) Donner l'expression numérique de l'intensité instantanée $i(t)$ en fonction du temps.

On a $i(t) = I_{max} cos(\omega t + \psi)$
D'après la question 5b, on a $I_{max} = 5/118 = 42 \times 10^{-3}$ A
Finalement $\boxed{i(t) = 42 \times 10^{-3}(\cos(5200t + \frac{\pi}{6})}$