

DM 1 : REVISIONS PTSI

JOUR DE LA RENTRÉE lundi 1 septembre 2025: INTERRO SPC

- toute notion figurant dans le DM ou dans l'aide au DM
- pont diviseur de tension, impédances complexes
- fiche bilan maths de M. Duperray sur les équations différentielles d'ordre 1 et 2
Fiche_ED1_ED2
- solutions aqueuses (acido-basique, redox)
- diagrammes E-pH
- fiches bilan chimie de M. Duperray. TOUT ce qui est sur les fiches est à connaître
Fiche_Bilan_TransfoÉqChimique Fiche_Bilan_Ion
Fiche_Bilan_Eau Fiche_Bilan_Redox
Fiche_Bilan_AcideBase Fiche_Bilan_Précipitation

Les copies sont à rendre exclusivement sur les cahiers-réponse.
Aucun autre support ne sera accepté.

AVERTISSEMENT

La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction**, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs.

CONSIGNES :

- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à bille à encre foncée : bleue ou noire.
- L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est interdit.

Petits Exos

Les énoncés sont directement sur le cahier réponse.

Vers les concours

Extrait A : Préparation de l'eau de Javel (à faire SANS calculatrice)

L'eau de Javel est une solution liquide oxydante fréquemment utilisée comme désinfectant et comme décolorant. Mais son utilisation pose des problèmes de pollution. L'eau de Javel contient du chlore qui, libéré tout au long de la production, de l'utilisation puis de son rejet avec les eaux domestiques, peut être très préjudiciable à l'environnement. Une fois dans l'air, le chlore peut réagir avec d'autres molécules organiques et se convertir en organochlorés, particulièrement toxiques et persistants dans notre environnement. Nous verrons dans ce sujet

On donne en annexe 1 le diagramme E-pH du chlore pour une concentration de tracé égale à $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Les seules espèces à considérer sont HClO , ClO^- , Cl_2 et Cl^- en solution aqueuse.

Données à 298 K et à $\text{pH}=0$: $E^\circ_1(\text{Cl}_{2(\text{aq})}, \text{Cl}^-_{(\text{aq})})=1,4\text{V}$; $E^\circ_2(\text{HClO}_{(\text{aq})}, \text{Cl}_{2(\text{aq})})=1,6\text{V}$.

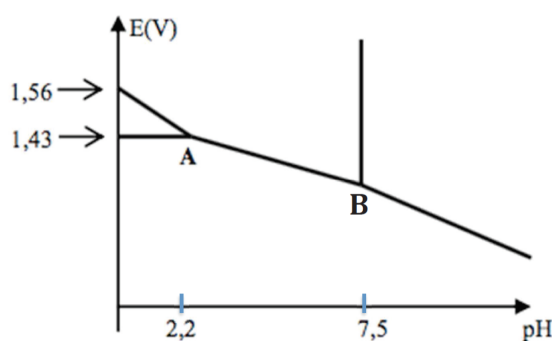
$$\frac{RT}{F} \ln(10) = 0.06\text{V}$$

- Q1.** Indiquer les domaines de prédominance des différentes espèces du chlore.
- Q2.** On considère une solution de dichlore. Que se passe-t-il si on augmente le pH jusqu'à une valeur comprise entre pH_A et pH_B ? Ecrire une équation pour la réaction correspondante.
- Q3.** Donner la pente de la droite (AB).
- Q4.** Déterminer le pK_a du couple $\text{HClO}_{(\text{aq})}/\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$.
- Q5.** Déterminer le potentiel standard E°_3 du couple $\text{HClO}_{(\text{aq})}/\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.

L'eau de Javel est une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium NaClO et de chlorure de sodium ; elle est préparée par la réaction directe entre le dichlore et l'hydroxyde de sodium (NaOH).

- Q6.** Ecrire une équation de réaction de formation de l'eau de Javel.
- Q7.** Que se passe-t-il si on mélange de l'eau de javel avec un détergent acide ? Quel est le gaz toxique qui se dégage ? Que pouvez vous en conclure ?

Données : $\text{pK}_A(\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-) = \text{pK}_{A1} = 6,3$; $\text{pK}_A(\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}) = \text{pK}_{A2} = 10,4$.
(par commodité, on note H_2CO_3 au lieu de $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$)



Extrait B : horloge à eau (à faire SANS calculatrice)

Lorsque la pompe étudiée dans la partie précédente est en fonctionnement, on propose de diriger une fraction du débit qu'elle génère vers une horloge à eau à but décoratif, schématisée sur la figure 9. Un tube creux en bois est articulé par une liaison pivot parfaite autour d'un axe horizontal. Initialement vide et en position verticale, il se remplit d'eau très lentement. Lorsque le niveau d'eau atteint une hauteur critique, le tube devient instable, se renverse brutalement, se vide totalement dans le bassin puis, une fois vide, reprend rapidement sa position verticale initiale et se remplit à nouveau. On cherche à déterminer les expressions de la hauteur critique h_c et de la période T de cette horloge à eau en fonction des paramètres du problème.

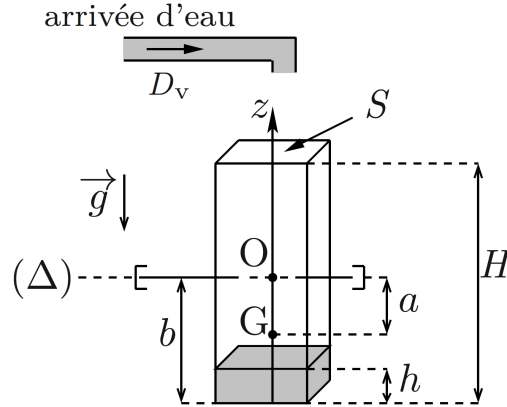


Figure 9 – Schéma de l'horloge à eau : notations utilisées.

Dans un premier temps, le tube est supposé en position verticale. On note (Δ) l'axe horizontal passant par O et confondu avec la liaison pivot, m la masse du tube vide, S sa section, H sa hauteur, b la distance entre l'axe (Δ) et le fond du tube, et $z_G = -a < 0$ l'altitude du centre d'inertie G du tube vide. On suppose le tube rempli d'une masse d'eau m_e sur une hauteur h , et on note ρ la masse volumique de l'eau. On admet que l'énergie potentielle de pesanteur du système {tube vide+eau} s'exprime, à une constante additive près :

$$E_p = mgz_G + m_e g z_e \quad (8)$$

avec g l'accélération de la pesanteur et z_e l'altitude du centre d'inertie de la masse d'eau.

Q45. Exprimer z_e en fonction de h et de b .

Q46. On suppose à présent le tube incliné d'un petit angle θ par rapport à la verticale. Montrer que l'énergie potentielle de pesanteur du système {tube vide+eau} s'écrit :

$$E_p(\theta) = Xg \cos \theta \quad (9)$$

avec X une quantité à expliciter en fonction de a , b , h , S , m et de ρ .

Q47. Analyser la stabilité de la position d'équilibre $\theta = 0$ en fonction du signe de X . En déduire que h_c est solution de l'équation du second degré suivante :

$$h_c^2 - 2bh_c - \frac{2ma}{\rho S} = 0 \quad (10)$$

Q48. Résoudre l'équation précédente afin d'exprimer la hauteur critique h_c . Exprimer ensuite la période T en fonction de S , h_c et du débit volumique D_v supposé constant.

Q49. Si le tube est trop lourd, que risque-t-il de se passer? Proposer une condition littérale simple permettant d'assurer le bon fonctionnement de l'horloge à eau.

Extrait C : Étude d'un indicateur de pH (à faire AVEC calculatrice)

En 1776, Alessandro Volta collectait du méthane dans les marais et remarqua que celui-ci brûlait dans l'air. Plus tard, en 1884, Ulysse Gayon, étudiant de Louis Pasteur, produisit du méthane par fermentation du fumier. Il a mis en évidence que la combustion de ce gaz produisait de la chaleur et de la lumière.

Le digesteur est une cuve que l'on appelle également réacteur à biogaz ou encore méthaniseur. On introduit dans cette cuve des déchets organiques. La fermentation de ces substrats organiques en milieu anaérobie, c'est-à-dire dans un milieu privé de dioxygène O_2 , permet la production entre autre d'un biogaz : le méthane CH_4 . Son utilisation peut être considérée comme une source d'énergie alternative.

La gamme optimale de pH pour la digestion anaérobie se situe entre 6,8 et 7,2. Il est donc important de suivre régulièrement le pH du digesteur et d'ajouter une espèce acide ou une espèce basique pour toujours se situer dans la fourchette de fonctionnement optimal du digesteur.

I.A – Modélisation du pH-mètre

On se propose de modéliser le pH-mètre comme une association en série d'un générateur de tension idéale de force électromotrice E fonction du pH avec une résistance électrique r (figure 2).

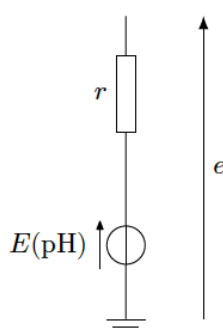


Figure 2 Modélisation d'un pH-mètre

Q 1. On souhaite mesurer la tension e à l'aide d'un voltmètre de résistance interne $R_V = 1,0 \text{ M}\Omega$. Exprimer la tension mesurée e en fonction de E , r et R_V . Calculer la valeur de e en prenant $r = 10 \text{ M}\Omega$ et $E = 0,20 \text{ mV}$.

Q 2. Quelle valeur minimale de résistance interne du voltmètre R'_V aurait-il fallu avoir pour commettre une erreur inférieure à 10 % sur la mesure de E ?

Le digesteur est continuellement agité pour assurer une homogénéité du milieu. Cette agitation mécanique lente provoque une perturbation électromagnétique du signal E . À un pH donné, l'évolution de E en fonction du temps t est représentée figure 4.

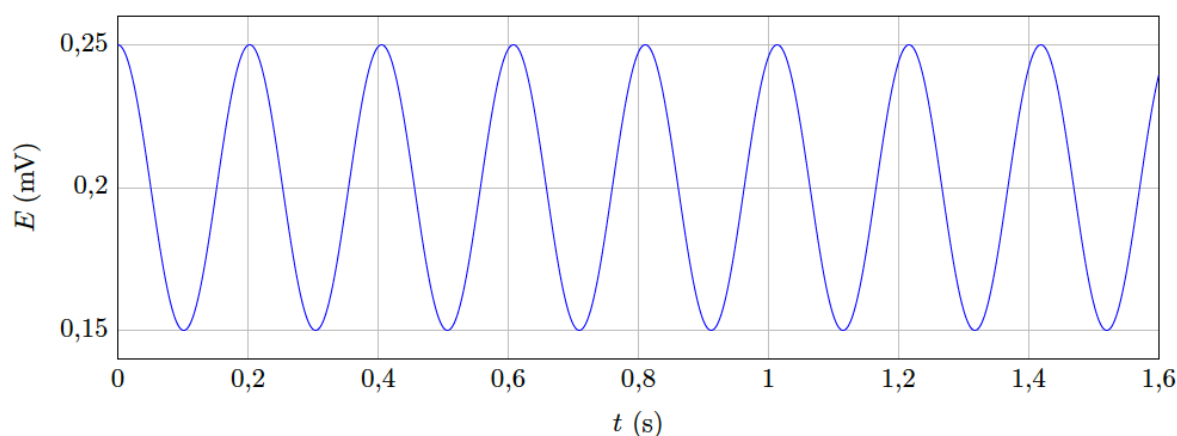


Figure 4

Q 4. Représenter la décomposition spectrale du signal de la figure 4.

I.B – Filtrage linéaire

On envoie le signal $u_1(t)$ en entrée du filtre représenté figure 5.

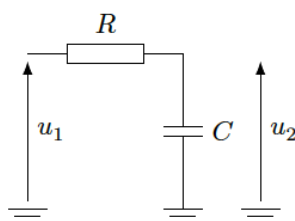


Figure 5

L'étude sera menée en régime sinusoïdal, ω désigne la pulsation du signal, ω_0 la pulsation propre et x désigne la pulsation réduite $x = \omega/\omega_0$.

Q 5. Effectuer une analyse qualitative du filtre à basse et haute fréquence. En déduire la nature du filtre. Justifier de son intérêt dans le cas présent.

Q 6. Exprimer la fonction de transfert du filtre $\underline{H}(j\omega)$ sous la forme

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j(\omega/\omega_0)}$$

en identifiant les expressions de H_0 et ω_0 .

Q 7. Exprimer le gain du filtre $G(x)$ et la phase $\varphi(x) = \arg(\underline{H})$.

Q 8. Déterminer la pulsation réduite de coupure x_c à -3 dB.

Q 9. Exprimer le gain en décibels $G_{dB}(x)$ puis déterminer les équivalents à basse et haute fréquence.

Q 10. Construire le diagramme de Bode, réponses en gain $G_{dB} = f(\log x)$ et en phase $\varphi = f(\log x)$.

On considère le signal d'entrée de la forme

$$u_1(t) = E + \frac{E}{4} \cos(10\omega_0 t).$$

On cherche le signal de sortie $u_2(t)$ sous la forme :

$$u_2(t) = A_1 + A_2 \cos(\omega_2 t + \psi_2).$$

Q 11. Exprimer les constantes A_1 , A_2 , ω_2 et ψ_2 . Calculer pour $E = 0,20$ mV les valeurs de A_1 , A_2 et ψ_2 . Commenter l'effet de l'action du filtre sur le signal $u_1(t)$.

Extrait D : Oscillations libres d'un circuit RLC série (à faire AVEC calculatrice)

L'élément déterminant du détecteur de métal est la bobine, indispensable à la détection, qui est utilisée dans un montage oscillateur. L'étude du fonctionnement de l'oscillateur va nous permettre de déterminer les caractéristiques de la bobine.

On réalise un circuit RLC série dont le schéma de principe est donné sur la **figure 2**. Il est constitué :

- d'un générateur basse fréquence (GBF), de résistance interne R_g et de force électromotrice $e(t)$;
- d'une résistance variable R , de valeur comprise entre $0\ \Omega$ et $10,0\ \text{k}\Omega$;
- d'un condensateur de capacité variable C , de valeur comprise entre $0,01\ \mu\text{F}$ et $1,00\ \mu\text{F}$;
- d'une bobine réelle d'inductance L et de résistance r inconnues.

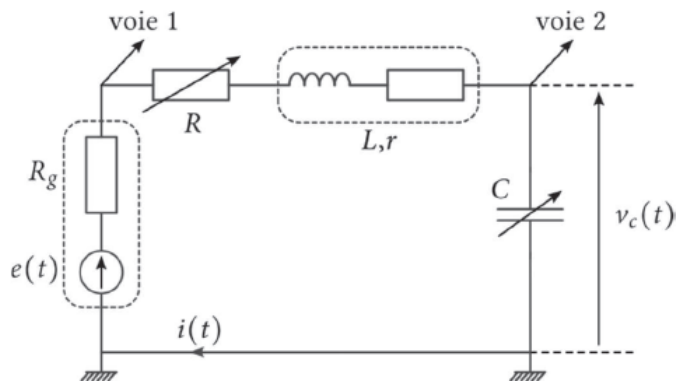


Figure 2 – Circuit RLC série

On pose :

- $R' = R + R_g + r$ la résistance totale du circuit ;
- $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ sa pulsation propre ;
- $Q = \frac{L\omega_0}{R'} = \frac{1}{R'} \sqrt{\frac{L}{C}}$ le facteur de qualité correspondant.

Un extrait des caractéristiques techniques du GBF est donné dans le **document 2**, page 4.

Document 2 - Extrait des caractéristiques techniques du GBF

Sortie du signal MAIN OUT	<ul style="list-style-type: none"> - Amplitude réglable en circuit ouvert : de 0 à 20 V (amplitude crête à crête) - Précision : de 0,1 à 20 V < 5 % de 1 mHz à 10 MHz <li style="padding-left: 20px;">$\pm 1,5$ dB pour $f > 10$ MHz ($\pm 0,5$ dB typique) - Impédance : $50 \Omega \pm 3 \%$ - Tension continue de décalage : réglable de -10 V à $+10$ V en circuit ouvert (OFFSET) <li style="padding-left: 20px;">Précision : $\pm 5 \%$ de l'amplitude (offset résiduel $< \pm 5$ mV)
----------------------------------	--

Source 2018 : notice Metrix GX 320

Q3. Montrer que l'équation différentielle satisfaite par la tension v_c aux bornes du condensateur se met sous la forme :

$$\frac{d^2 v_c}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{dv_c}{dt} + \omega_0^2 v_c = \omega_0^2 e(t).$$

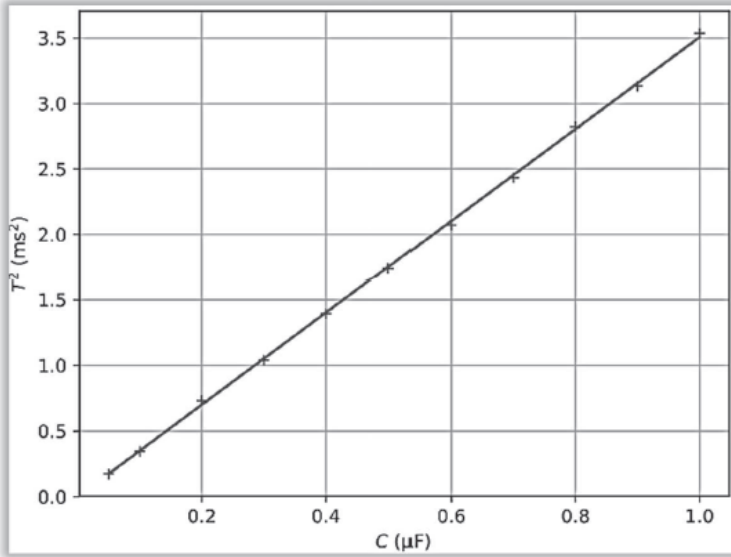
On suppose que $Q > \frac{1}{2}$.

Q4. En régime libre $e(t) = 0$, montrer que la pseudo-période T des oscillations peut s'écrire

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$$
 et déterminer l'expression littérale de T_0 .

Q5. En déduire que l'on peut écrire $T^2 = \frac{aC}{1 - bC}$ et exprimer a et b en fonction des caractéristiques du circuit.

Q6. La pseudo-période a été mesurée pour différentes valeurs de la capacité C ; la fonction T^2 a été tracée en fonction de C . Une modélisation affine a été superposée à ces données.



Modélisation affine :

- coefficient de corrélation : 0,999 ;
- ordonnée à l'origine : $-3,0 \cdot 10^{-9}$ SI ;
- pente : 3,3 SI.

Figure 3 – Carré de la pseudo-période en fonction de la capacité

En déduire la valeur de l'inductance de la bobine en expliquant la démarche et en justifiant d'éventuelles approximations.

On appelle résistance critique totale, $R'_c = R_c + R_g + r$, la valeur de la résistance totale du circuit permettant d'atteindre le régime critique, la résistance R_c étant simplement appelée résistance critique. Aucune hypothèse n'est faite sur la valeur de Q .

Q7. Montrer que la résistance critique totale vaut $R'_c = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$.

Q8. Tous les autres paramètres étant fixés, la réponse du circuit à un échelon de tension donne lieu à différents régimes selon la valeur de la résistance variable R . Identifier et nommer les trois régimes associés aux courbes 1, 2 et 3 de la **figure 4** (en voie 1 de l'oscilloscope, l'échelon de tension ; en voie 2, la superposition des réponses du circuit).

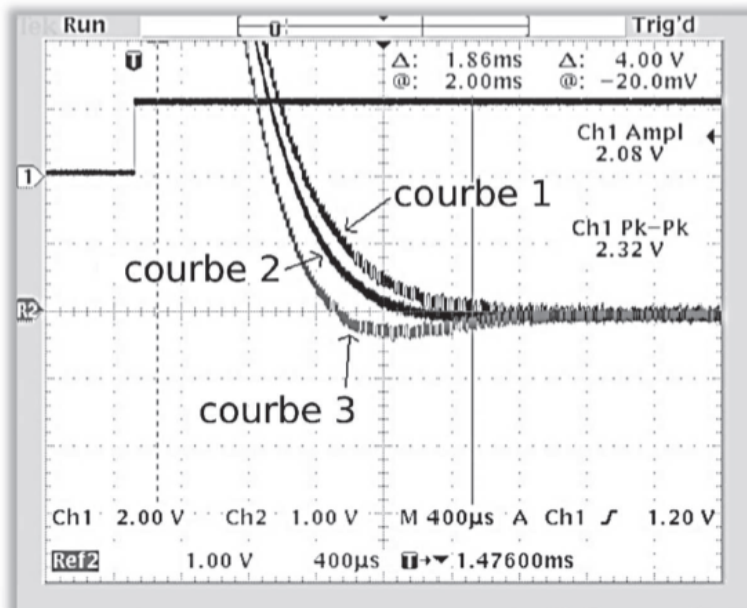
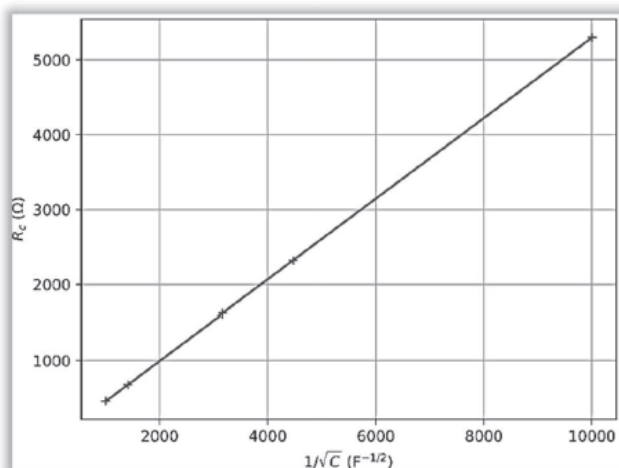


Figure 4 – Superposition des réponses du circuit soumis à un échelon de tension, pour trois valeurs différentes de R

- Q9.** La résistance critique $R_c = R'_c - R_g - r$ a été mesurée pour différentes valeurs de C . Déduire du tracé de R_c en fonction de $\frac{1}{\sqrt{C}}$ (**figure 5**) et du **document 2** une estimation de la valeur de r . Pourquoi cette mesure est-elle peu précise ?



Modélisation affine :

- coefficient de corrélation : 0,999 ;
- ordonnée à l'origine : - 81 SI ;
- pente : 0,58 SI .

Figure 5 – Résistance critique en fonction de l'inverse de la racine carré de la capacité

- Q10.** Afin de valider les mesures précédentes, une dernière courbe a été tracée dont la nature n'est pas précisée et dont la légende a été perdue (**figure 6**). En précisant votre démarche, expliquer selon vous de quelle courbe il s'agit, comment elle a été réalisée et justifier son éventuelle compatibilité avec les données précédentes.

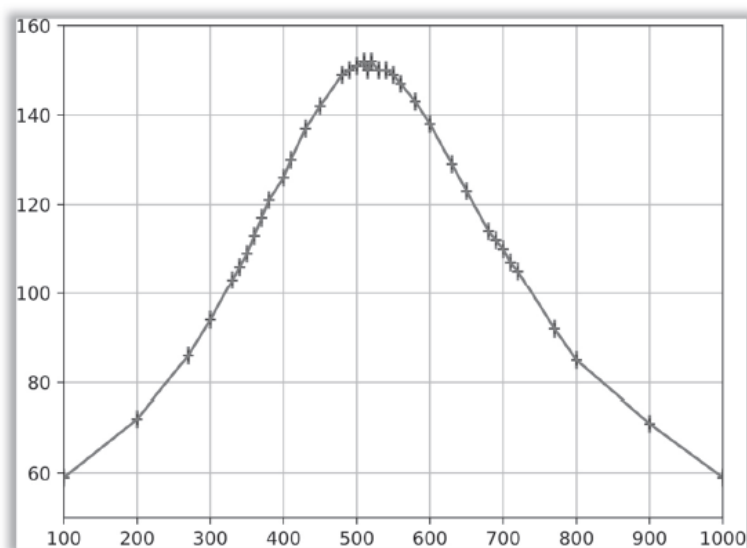


Figure 6