



Révisions

Optique · Réseaux · Premier ordre · Matière & mesure

Version professeur — corrections incluses

Déroulé de la séance (2 h)

Tour	Niveau	Exploration (trinôme)	Restitution (groupe mélangé)
1	Appliquer	8 min	3 min
2	Appliquer	8 min	3 min
3	Résoudre	12 min	4 min
4	Résoudre (<i>en option</i>)	12 min	4 min
5	Transférer	15 min	4 min

L'écran indique à chaque tour la table et l'exercice de chaque trinôme. Le thème change à chaque tour.

Règles du jeu

Exploration. En trinôme, sans cours. Chacun doit pouvoir expliquer *toute* la résolution : n'importe qui peut être tiré au sort. Les cartes *coup de pouce* se demandent en levant la main ; la carte *contrôle* permet de vérifier son résultat final.

Restitution. Un orateur tiré au sort explique son exercice en 3 à 4 min : le problème, la méthode, le résultat. Les auditeurs complètent l'encadré *Restitution* de l'exercice présenté, puis posent au moins une question (unité ? hypothèse ? ordre de grandeur ?).

	A Optique	B Réseaux	C Premier ordre	D Matière & mesure
1	Du bassin à l'air	Pont diviseur	Charge d'un condensateur	Configurations et Lewis
2	Traversée d'une vitre	Générateur réel	Courant dans une bobine	Mesurer une résistance
3	Le disque flottant	Transformer un galvanomètre	Identifier un condensateur	Le chlore et ses isotopes
4	Sortir d'un prisme	Montage amont ou aval ?	Minuterie d'escalier	Deux binômes, une lentille
5	Débit d'une fibre optique	Alimenter un module	Défibrillateur	Les raies de l'hydrogène



Tour 1

Appliquer

1.A Du bassin à l'air

Optique Appliquer ●●●

Savoir-faire : relier fréquence, longueur d'onde et indice ; utiliser les lois de Snell-Descartes ; identifier une réflexion totale.

Un rayon lumineux monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$ (jaune) se propage dans l'eau d'indice $n_e = 1,33$ et atteint la surface plane qui sépare l'eau de l'air ($n_a = 1,00$). On donne $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

- 1 Calculer la célérité de la lumière et sa longueur d'onde dans l'eau. La lumière est-elle toujours « jaune » dans l'eau ? Justifier.
- 2 L'angle d'incidence vaut $i = 30^\circ$. Calculer l'angle de réfraction. Le rayon se rapproche-t-il ou s'écarte-t-il de la normale ?
- 3 Montrer qu'il existe un angle d'incidence limite i_{lim} ; le calculer.
- 4 Que se passe-t-il pour $i = 60^\circ$? Représenter les trois situations sur un même schéma.

Correction

- 1 $v = c/n_e = 2,26 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ et $\lambda = \lambda_0/n_e = 443 \text{ nm}$. La couleur est liée à la **fréquence** $\nu = c/\lambda_0 = 5,09 \times 10^{14} \text{ Hz}$, imposée par la source et conservée à la traversée d'un dioptre : la lumière reste jaune. La valeur 443 nm ne correspondrait au bleu que *dans le vide*.
- 2 $n_e \sin i = n_a \sin r \Rightarrow \sin r = 1,33 \times 0,500 = 0,665$, soit $r \approx 41,7^\circ$: le rayon **s'écarte** de la normale (passage vers un milieu moins réfringent).
- 3 $\sin r = (n_e/n_a) \sin i$ n'a de solution que si $\sin i \leq n_a/n_e$. $\sin i_{\text{lim}} = 1/1,33 = 0,752$, d'où $i_{\text{lim}} \approx 48,8^\circ$.
- 4 $60^\circ > i_{\text{lim}}$: pas de rayon réfracté, **réflexion totale** (rayon réfléchi à 60° de la normale).

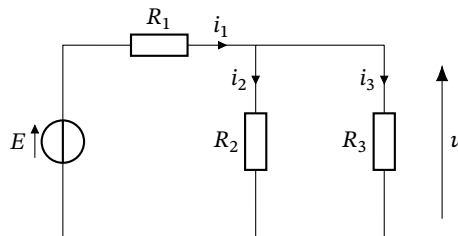


1.B Pont diviseur

Réseaux électriques Appliquer ●○○

Savoir-faire : associer des résistances ; utiliser les ponts diviseurs de tension et de courant ; faire un bilan de puissance.

Dans le circuit ci-dessous, $E = 12 \text{ V}$, $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_3 = 2,0 \text{ k}\Omega$.



- 1 Quels dipôles sont en série ? en parallèle ? Calculer la résistance équivalente R_{eq} vue par le générateur.
- 2 En déduire l'intensité i_1 .
- 3 Justifier l'utilisation d'un pont diviseur de tension pour calculer u , puis calculer u .
- 4 Calculer i_2 par un pont diviseur de courant. Vérifier la loi des nœuds.

Correction

- 1 R_2 et R_3 sont en parallèle (mêmes nœuds) : $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 1,0 \text{ k}\Omega$, en série avec R_1 (même courant) :
 $R_{eq} = R_1 + R_{23} = 2,0 \text{ k}\Omega$.
- 2 $i_1 = E/R_{eq} = 6,0 \text{ mA}$.
- 3 R_1 et R_{23} sont parcourues par le même courant i_1 : $u = \frac{R_{23}}{R_1 + R_{23}} E = 6,0 \text{ V}$.
- 4 R_2 et R_3 sont sous la même tension : $i_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} i_1 = 3,0 \text{ mA} = i_3$; on vérifie $i_1 = i_2 + i_3$.

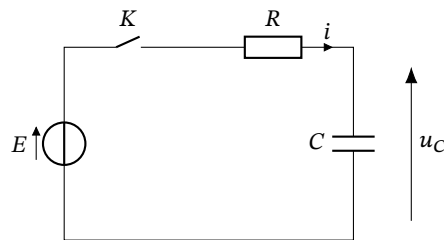


1.C Charge d'un condensateur

Circuits du premier ordre Appliquer ●●●

Savoir-faire : utiliser la continuité de u_C ; utiliser un schéma équivalent en régime permanent ; établir et résoudre une équation différentielle d'ordre 1.

Le condensateur ($C = 100 \text{ nF}$) est initialement déchargé. À $t = 0$, on ferme l'interrupteur K . On donne $E = 5,0 \text{ V}$ et $R = 10 \text{ k}\Omega$.



- 1 Déterminer $u_C(0^+)$ et $i(0^+)$ en justifiant. Dessiner le schéma équivalent à $t = 0^+$.
- 2 Déterminer u_C et i en régime permanent (schéma équivalent).
- 3 Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C pour $t > 0$; la mettre sous forme canonique et identifier la constante de temps τ .
- 4 Résoudre. Au bout de combien de temps u_C atteint-elle 99 % de sa valeur finale ?

Correction

- 1 La tension aux bornes d'un condensateur est continue : $u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0$. Le condensateur se comporte comme un fil : $i(0^+) = E/R = 0,50 \text{ mA}$.
- 2 En régime permanent, $i = C du_C/dt = 0$: interrupteur ouvert, $i = 0$ et $u_C = E = 5,0 \text{ V}$.
- 3 Loi des mailles $E = Ri + u_C$ avec $i = C \frac{du_C}{dt}$: $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$, $\tau = RC = 1,0 \text{ ms}$.
- 4 $u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$.
En $t = t^*$, 99 % de la charge donc : $e^{-t^*/\tau} = 0,01 \Rightarrow t^* = \tau \ln 100 \approx 4,6 \tau = 4,6 \text{ ms}$.



1.D Configurations et schémas de Lewis

Matière & mesure Appliquer ●○○

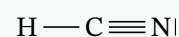
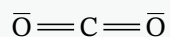
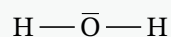
Savoir-faire : écrire une configuration électronique ; identifier les électrons de valence ; établir un schéma de Lewis.

Données : $Z(\text{H}) = 1$, $Z(\text{C}) = 6$, $Z(\text{N}) = 7$, $Z(\text{O}) = 8$, $Z(\text{Na}) = 11$, $Z(\text{S}) = 16$, $Z(\text{Cl}) = 17$.

- 1 Écrire la configuration électronique fondamentale de O, S, Na^+ et Cl^- .
- 2 Identifier les électrons de valence de O et de S. Qu'en déduire sur leurs positions dans le tableau périodique et sur leur chimie ?
- 3 Comparer les configurations de Na^+ et de Cl^- à celles des gaz nobles. Pourquoi ces ions sont-ils stables ?
- 4 Établir les schémas de Lewis de H_2O , CO_2 et HCN (C central).

Correction

- 1 O : $1s^2 2s^2 2p^4$; S : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$; Na^+ : $1s^2 2s^2 2p^6$; Cl^- : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.
- 2 Valence : O $2s^2 2p^4$, S $3s^2 3p^4$: 6 électrons de valence chacun, même colonne (16e), propriétés chimiques analogues (H_2O et H_2S , par exemple).
- 3 Na^+ a la configuration du néon, Cl^- celle de l'argon : couche de valence saturée (octet), d'où leur stabilité.
- 4 Électrons de valence : H_2O : 8 ; CO_2 : 16 ; HCN : 10.





Tour 2

Appliquer

2.A Traversée d'une vitre

Optique Appliquer ●○○

Savoir-faire : utiliser les lois de Snell-Descartes ; exploiter la géométrie ; discuter la possibilité d'une réflexion totale.

Un rayon lumineux arrive depuis l'air ($n_a = 1,00$) sur une vitre à faces parallèles d'indice $n = 1,50$ et d'épaisseur $e = 5,0$ mm, avec l'angle d'incidence $i = 40^\circ$.

- 1 Calculer l'angle de réfraction r à l'entrée de la vitre.
- 2 Justifier que l'angle d'incidence sur la seconde face vaut r . En déduire l'angle d'émergence. Que peut-on dire du rayon qui ressort ?
- 3 Peut-il y avoir réflexion totale sur la seconde face, quel que soit i ? Justifier.
- 4 Calculer la vitesse de la lumière dans le verre, puis la durée de traversée de la vitre.

Correction

- 1 $\sin r = \sin(40^\circ)/1,50 = 0,429$, d'où $r \approx 25,4^\circ$.
- 2 Les deux faces sont parallèles, donc leurs normales aussi : par angles alternes-internes, l'incidence sur la seconde face vaut r . $n \sin r = n_a \sin i'$ donne $i' = i = 40^\circ$: le rayon émergent est **parallèle** au rayon incident (simplement décalé latéralement).
- 3 $\sin r = \sin i/n \leq 1/n = \sin i_{\text{lim}}$: on a toujours $r \leq i_{\text{lim}} \approx 41,8^\circ$. Jamais de réflexion totale.
- 4 $v = c/n = 2,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$; longueur parcourue $L = e/\cos r = 5,5 \text{ mm}$; $\Delta t = L/v \approx 2,8 \times 10^{-11} \text{ s} = 28 \text{ ps}$.

2.B Générateur réel

Réseaux électriques Appliquer ●○○

Savoir-faire : modéliser une source par un générateur de Thévenin ; utiliser les conventions ; faire un bilan de puissance.

Une pile, modélisée par un générateur de Thévenin de force électromotrice $E = 9,0 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 2,0 \Omega$, alimente un résistor $R = 16 \Omega$.

- 1 Faire le schéma. Orienter la pile en convention générateur, le résistor en convention récepteur.
- 2 Calculer l'intensité I du courant et la tension U aux bornes du résistor.
- 3 Tracer l'allure de la caractéristique $U = f(I)$ de la pile. Indiquer la tension à vide et l'intensité de court-circuit.



Correction

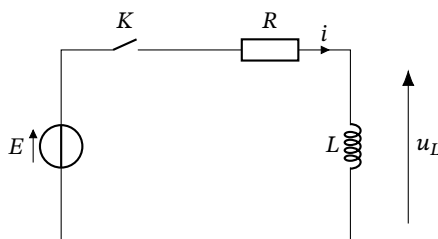
- 1 Maille unique ; pour la pile $U = E - rI$, pour le résistor $U = RI$.
- 2 $I = \frac{E}{R + r} = 0,50 \text{ A}$; $U = RI = 8,0 \text{ V}$ (et $E - rI = 8,0 \text{ V}$).
- 3 Droite décroissante $U = E - rI$: $U_0 = E = 9,0 \text{ V}$ (à vide), $I_{cc} = E/r = 4,5 \text{ A}$.

2.C Établissement du courant dans une bobine

Circuits du premier ordre Appliquer ●●●

Savoir-faire : utiliser la continuité de i_L ; schéma équivalent en régime permanent ; résoudre une équation d'ordre 1 ; énergie stockée.

Un circuit série comporte une source idéale $E = 10 \text{ V}$, un interrupteur K , un résistor $R = 100 \Omega$ et une bobine idéale $L = 50 \text{ mH}$. K est fermé à $t = 0$; aucun courant ne circulait avant.



- 1 Déterminer $i(0^+)$ et $u_L(0^+)$.
- 2 Déterminer i et u_L en régime permanent.
- 3 Établir l'équation différentielle vérifiée par i ; identifier τ .
- 4 Donner l'expression de $i(t)$ et tracer son allure.

Correction

- 1 L'intensité dans une bobine est continue : $i(0^+) = 0$ (bobine $\equiv$ interrupteur ouvert à 0^+). Loi des mailles : $u_L(0^+) = E - R \times 0 = 10 \text{ V}$ (u_L est discontinue, c'est permis).
- 2 Régime permanent : $u_L = L di/dt = 0$, la bobine est un fil : $u_L = 0$, $i = E/R = 0,10 \text{ A}$.
- 3 $E = Ri + L \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} = \frac{E}{L}$, $\tau = L/R = 0,50 \text{ ms}$.
- 4 $i(t) = \frac{E}{R} (1 - e^{-t/\tau})$: croissance de 0 à 0,10 A, tangente à l'origine coupant l'asymptote à $t = \tau$.



2.D Mesurer une résistance

Matière & mesure Appliquer ●○○

Savoir-faire : propager des incertitudes ; écrire un résultat ; évaluer une incertitude de type B ; utiliser l'écart normalisé.

Pour déterminer une résistance, on mesure la tension à ses bornes et le courant qui la traverse : $U = 6,02 \text{ V}$ avec $u(U) = 0,03 \text{ V}$; $I = 12,1 \text{ mA}$ avec $u(I) = 0,2 \text{ mA}$ (incertitudes-types).

- 1 Calculer $R = U/I$.
- 2 Calculer l'incertitude-type $u(R)$ et écrire correctement le résultat.
- 3 Quelle mesure limite la précision du résultat ? Justifier.
- 4 Le fabricant indique $R_{\text{ref}} = 470 \Omega$ à 5 % près (demi-étendue ε , avec $u = \varepsilon/\sqrt{3}$). Calculer l'écart normalisé et conclure.

Correction

- 1 $R = 6,02/12,1 \times 10^{-3} = 497,5 \Omega$.
- 2 Quotient : $\frac{u(R)}{R} = \sqrt{\left(\frac{u(U)}{U}\right)^2 + \left(\frac{u(I)}{I}\right)^2} = \sqrt{0,0050^2 + 0,0165^2} = 0,0173$, d'où $u(R) = 8,6 \Omega$: $R = (497,5 \pm 8,6) \Omega$, soit $(497,5 \pm 8,6) \Omega$.
- 3 Incertitude relative de 1,65 % sur I contre 0,50 % sur U : c'est la mesure de I qui domine.
- 4 $\varepsilon = 23,5 \Omega$, $u(R_{\text{ref}}) = 14 \Omega$. $Z = \frac{|497,5 - 470|}{\sqrt{8,6^2 + 14^2}} \approx 1,7 < 2$: mesure compatible avec la valeur du fabricant.



Tour 3

Résoudre

3.A Le disque flottant

Optique Résoudre ●●●

Savoir-faire : modéliser une situation par un schéma ; identifier une réflexion totale ; exploiter la géométrie.

Une petite source lumineuse ponctuelle S est posée au fond d'un bassin rempli d'eau ($n = 1,33$), de profondeur $h = 1,50$ m. On fait flotter à la surface, exactement à la verticale de S , un disque opaque de rayon R .

- 1 Quel est le rayon minimal $R_{\min}$ du disque pour que, depuis l'air, on ne perçoive aucune lumière issue de S ?
- 2 Le rayon $R_{\min}$ serait-il plus grand ou plus petit pour un liquide plus réfringent ? Justifier sans calcul.

Correction

- 1 Un rayon issu de S ne sort dans l'air que si son incidence sur la surface vérifie $i < i_{\text{lim}}$, avec $\sin i_{\text{lim}} = 1/n$, soit $i_{\text{lim}} \approx 48,8^\circ$. Les rayons sortants forment donc un cône de sommet S et de demi-angle i_{lim} , qui découpe sur la surface un disque de rayon $R_{\min} = h \tan i_{\text{lim}}$. Au-delà, les rayons subissent la réflexion totale. $R_{\min} = 1,50 \times 1,14 \approx 1,7$ m.
- 2 Si n augmente, i_{lim} diminue, le cône se resserre : $R_{\min}$ diminue.

3.B Transformer un galvanomètre

Réseaux électriques Résoudre ●●●

Savoir-faire : utiliser les ponts diviseurs ; choisir une association série ou parallèle ; discuter de résistances d'entrée.

Un galvanomètre (appareil à aiguille) a une résistance interne $r_g = 100 \Omega$; son aiguille dévie à pleine échelle lorsqu'il est traversé par $I_g = 1,0$ mA. On dispose de résistors de valeurs quelconques.

- 1 Comment réaliser, avec ce galvanomètre et un seul résistor R_s , un ampèremètre dont la pleine échelle correspond à 1,0 A ? Faire un schéma et calculer R_s .
- 2 Comment réaliser, avec un seul résistor R_v , un voltmètre dont la pleine échelle correspond à 10 V ? Faire un schéma et calculer R_v .
- 3 Calculer la résistance de chacun des deux appareils obtenus. Pourquoi ces valeurs sont-elles souhaitables ?

Correction

- 1 Il faut dériver la quasi-totalité du courant : R_s **en parallèle** (shunt). Même tension : $r_g I_g = R_s (I - I_g)$, d'où $R_s = \frac{r_g I_g}{I - I_g} = \frac{100 \times 10^{-3}}{0,999} \approx 0,10 \Omega$.
- 2 Il faut que la tension se partage : R_v **en série**. $U = (r_g + R_v) I_g$, d'où $R_v = U/I_g - r_g = 9,9 \text{ k}\Omega$.
- 3 Ampèremètre : $r_g \parallel R_s \approx 0,10 \Omega$, très faible : placé en série, il perturbe peu le courant mesuré. Volt-



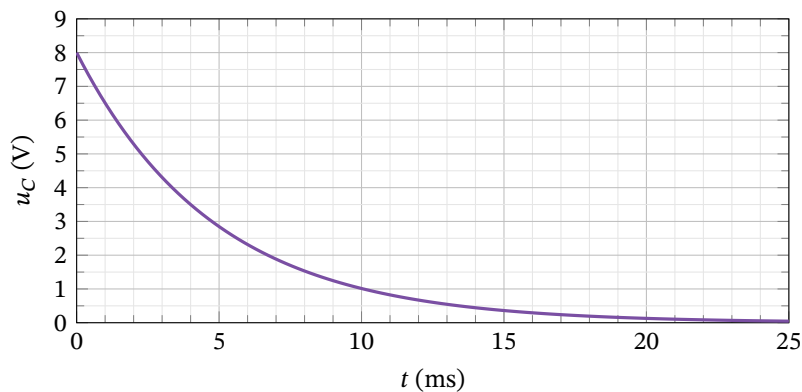
mètre : $r_g + R_v = 10 \text{ k}\Omega$, grande : placé en parallèle, il dérive peu de courant (un multimètre atteint $10 \text{ M}\Omega$).

3.C Identifier un condensateur

Circuits du premier ordre Résoudre ●●●

Savoir-faire : exploiter un enregistrement du premier ordre ; relier τ aux composants ; faire un bilan d'énergie.

Un condensateur, chargé sous la tension U_0 , se décharge à $t = 0$ dans un résistor $R = 2,2 \text{ k}\Omega$. On enregistre la tension $u_C(t)$ à ses bornes.



- 1 Déterminer la capacité C du condensateur. Expliquer la méthode.

Correction

- 1 $U_0 = 8,0 \text{ V}$. La tangente à l'origine coupe l'axe des temps en $t = \tau$; de manière plus précise, $u_C(\tau) = 0,37 U_0 \approx 3,0 \text{ V}$, atteint pour $\tau \approx 4,8 \text{ ms}$. Pour un RC, $\tau = RC$: $C = \tau/R \approx 2,2 \mu\text{F}$.

3.D Le chlore et ses isotopes

Matière & mesure Résoudre ●●●

Savoir-faire : décrire la composition d'un noyau ; exploiter une moyenne pondérée ; raisonner sur des probabilités.

Le chlore ($Z = 17$) possède deux isotopes stables : ^{35}Cl (masse $34,969 \text{ u}$) et ^{37}Cl (masse $36,966 \text{ u}$). La masse atomique moyenne du chlore naturel vaut $35,453 \text{ u}$.

- 1 Donner la composition des noyaux des deux isotopes.
- 2 Déterminer l'abondance naturelle de chaque isotope.

Correction

- 1 ^{35}Cl : 17 protons et 18 neutrons ; ^{37}Cl : 17 protons et 20 neutrons.
- 2 Moyenne pondérée : $x m_{35} + (1 - x) m_{37} = M$, d'où $x = \frac{36,966 - 35,453}{36,966 - 34,969} \approx 0,758$: 75,8 % de ^{35}Cl et 24,2 % de ^{37}Cl .



Tour 4

Résoudre (si le temps le permet)

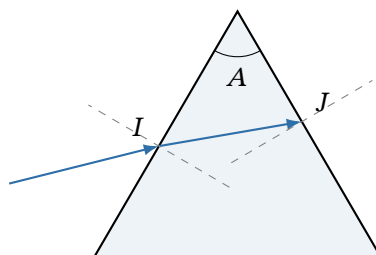
4.A Sortir d'un prisme

Optique Résoudre ●●●

Savoir-faire : exploiter la géométrie d'un prisme ; utiliser les lois de Snell-Descartes ; identifier une réflexion totale.

Un prisme d'angle au sommet $A = 60^\circ$ et d'indice $n = 1,50$ est placé dans l'air. Un rayon entre par la première face en I avec l'incidence i ; il est réfracté avec l'angle r , puis atteint la seconde face en J avec l'incidence r' .

Tous les angles sont comptés positivement (pas d'orientation).



- 1 Montrer que $r + r' = A$.
- 2 À quelle condition sur r' le rayon ressort-il par la seconde face ?
- 3 En déduire la plage des angles d'incidence i pour lesquels le rayon émerge du prisme.

Correction

- 1 Les normales en I et J se coupent en N . Dans le quadrilatère $SINJ$, les angles en I et J sont droits, donc $\widehat{INJ} = \pi - A$. Dans le triangle INJ : $r + r' + (\pi - A) = \pi$, soit $r + r' = A$.
- 2 Passage verre $\rightarrow$ air : il faut $r' \leq i_{\text{lim}}$ avec $\sin i_{\text{lim}} = 1/n$, soit $i_{\text{lim}} \approx 41,8^\circ$.
- 3 $r = A - r' \geq 60^\circ - 41,8^\circ = 18,2^\circ$, puis $\sin i = n \sin r \geq 1,50 \times \sin(18,2^\circ) \approx 0,468$: le rayon émerge pour $28^\circ \lesssim i \leq 90^\circ$.

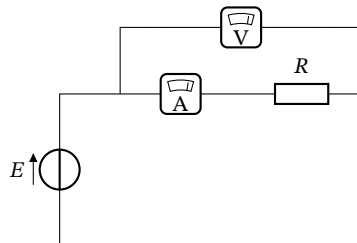


4.B Montage amont ou aval ?

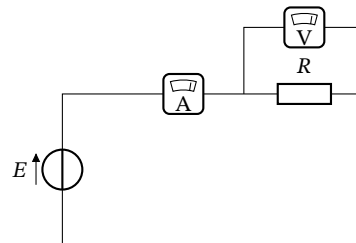
Réseaux électriques Résoudre ●●○

Savoir-faire : tenir compte des résistances internes des appareils ; associer des résistances ; estimer une erreur relative.

On veut mesurer une résistance R avec un voltmètre ($R_V = 10 \text{ M}\Omega$) et un ampèremètre ($R_A = 1,0 \Omega$), en calculant $R_{\text{mes}} = U/I$ à partir des indications des deux appareils. Deux montages sont possibles.



(a) longue dérivation



(b) courte dérivation

- 1 Pour chaque montage, exprimer R_{mes} en fonction de R , R_A et R_V .
- 2 En déduire l'erreur relative $(R_{\text{mes}} - R)/R$ dans chaque cas.
- 3 Quel montage choisir pour mesurer $R \approx 10 \Omega$? et $R \approx 1 \text{ M}\Omega$? Énoncer une règle.

Correction

- 1 (a) Le voltmètre mesure la tension aux bornes de $\{R_A + R\}$: $R_{\text{mes}} = R + R_A$. (b) L'ampèremètre mesure le courant de R et du voltmètre : $R_{\text{mes}} = \frac{R R_V}{R + R_V}$.
- 2 (a) $\varepsilon_a = R_A/R$; (b) $\varepsilon_b = -\frac{R}{R + R_V} \approx -R/R_V$.
- 3 $R = 10 \Omega$: $\varepsilon_a = 10\%$, $|\varepsilon_b| \approx 10^{-6}$: courte dérivation. $R = 1 \text{ M}\Omega$: $\varepsilon_a = 10^{-6}$, $\varepsilon_b \approx -9\%$: longue dérivation. Règle : courte dérivation pour les petites résistances, longue pour les grandes (frontière $R \approx \sqrt{R_A R_V} \approx 3 \text{ k}\Omega$).



4.C Minuterie d'escalier

Circuits du premier ordre Résoudre ●●●

Savoir-faire : résoudre une charge du premier ordre ; exploiter une condition sur la solution ; propager une tolérance.

Dans une minuterie, un appui sur le bouton décharge instantanément un condensateur ($C = 100 \mu\text{F}$). Celui-ci se recharge ensuite à travers un résistor R sous la tension $E = 12 \text{ V}$. Un comparateur (qui ne prélève aucun courant) maintient la lampe allumée tant que $u_C < 2E/3$.

- 1 Quelle valeur de R faut-il choisir pour que la lampe reste allumée 30 s ?
- 2 La capacité est garantie à 20 % près. Entre quelles durées extrêmes la lampe peut-elle rester allumée ?
- 3 Proposer une modification simple permettant de régler la durée.

Correction

- 1 Charge depuis $u_C = 0$: $u_C = E(1 - e^{-t/\tau})$. $u_C = 2E/3 \Leftrightarrow e^{-t/\tau} = 1/3 \Leftrightarrow t = \tau \ln 3$. $\tau = 30 \text{ s} / \ln 3 = 27,3 \text{ s}$, d'où $R = \tau/C \approx 270 \text{ k}\Omega$.
- 2 La durée est proportionnelle à C : de 24 à 36 s.
- 3 Remplacer R par un potentiomètre (résistance réglable).

4.D Deux binômes, une lentille

Matière & mesure Résoudre ●●●

Savoir-faire : évaluer une incertitude de type A ; écrire un résultat ; comparer deux mesures par l'écart normalisé ; analyser une incompatibilité.

Un binôme mesure huit fois la distance focale d'une lentille ($f'_{\text{ref}} = 20,0 \text{ cm}$ indiquée sur la monture) par la méthode de projection :

f' (cm)	19,6	20,4	20,1	19,8	20,6	20,2	19,9	20,3
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------

- 1 Écrire le résultat de la mesure avec son incertitude-type.
- 2 Le résultat est-il compatible avec la valeur indiquée sur la monture ?
- 3 Un autre binôme, avec la même lentille, annonce $f' = (19,62 \pm 0,08) \text{ cm}$. Les deux résultats sont-ils compatibles entre eux ? Proposer des explications.

Correction

- 1 $\bar{f}' = 20,11 \text{ cm}$; $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (f'_i - \bar{f}')^2} = 0,33 \text{ cm}$; $u = \sigma/\sqrt{N} = 0,12 \text{ cm}$: $f' = (20,11 \pm 0,12) \text{ cm}$.
- 2 $Z = \frac{|20,11 - 20,0|}{0,12} \approx 0,9 < 2$: compatible.
- 3 $Z = \frac{|20,11 - 19,62|}{\sqrt{0,12^2 + 0,08^2}} \approx 3,4 > 2$: incompatibles. Le second résultat est aussi incompatible avec f'_{ref}



($Z \approx 5$) : erreur systématique probable (repérage de la lentille ou de l'objet sur le banc, mauvais choix du centre de la plage de netteté...) ou incertitude sous-estimée (trop peu de mesures, incertitude de lecture oubliée).





Tour 5

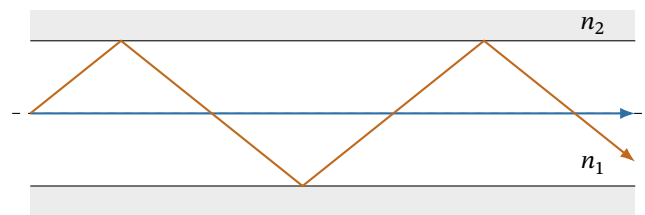
[Transférer](#)

5.A Débit d'une fibre optique

[Optique](#) [Transférer](#) ...

Savoir-faire : exploiter la condition de guidage ; relier une distance parcourue à une durée ; estimer un ordre de grandeur.

Une fibre optique à saut d'indice (cœur $n_1 = 1,500$, gaine $n_2 = 1,485$) a une longueur $L = 1,0$ km. On injecte une impulsion lumineuse très brève : elle contient des rayons d'inclinaisons différentes, tous guidés par réflexion totale.



- 1 Quel rayon arrive le premier en sortie ? Lequel arrive le dernier ?
- 2 Déterminer l'écart Δt entre ces deux durées de parcours.
- 3 Pour que deux impulsions successives restent distinctes en sortie, elles doivent être séparées d'au moins Δt . Estimer le débit maximal de la fibre (en bits par seconde). Commenter.

Correction

- 1 Tous les rayons se propagent à la même vitesse $v = c/n_1$; seul le chemin diffère. Le rayon axial (le plus court) arrive le premier ; le dernier est le rayon guidé le plus incliné, d'incidence i_0 sur la gaine avec $\sin i_0 = n_2/n_1$.
- 2 Axial : $t_1 = n_1 L / c = 5,00 \mu\text{s}$. Rayon incliné : pour avancer de L le long de l'axe, il parcourt $L / \sin i_0$, d'où $t_2 = \frac{n_1^2 L}{n_2 c}$. $\Delta t = \frac{n_1 L}{c} \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \approx 5,00 \mu\text{s} \times 0,0101 \approx 51 \text{ ns}$.
- 3 Débit $\approx 1/\Delta t \approx 2 \times 10^7 \text{ bit/s}$, soit 20 Mbit/s sur 1 km ; il diminue avec la longueur. Les liaisons actuelles (plusieurs Gbit/s) utilisent des fibres à gradient d'indice ou monomodes, qui suppriment cette dispersion intermodale.

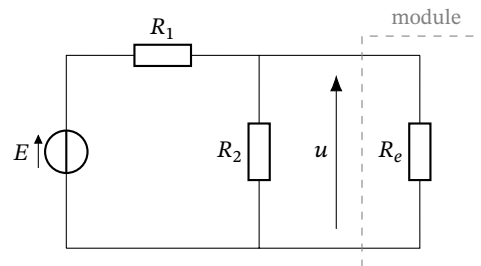


5.B Alimenter un module

Réseaux électriques Transférer ...

Savoir-faire : utiliser un pont diviseur ; prendre en compte une résistance d'entrée ; identifier un compromis.

On veut alimenter sous 5,0 V un module électronique, modélisé par sa résistance d'entrée $R_e = 10 \text{ k}\Omega$, à partir d'une alimentation stabilisée $E = 12 \text{ V}$. Un étudiant réalise un pont diviseur avec $R_1 = 7,0 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 5,0 \text{ k}\Omega$.



- 1 Vérifier que, module débranché, le pont délivre bien 5,0 V.
- 2 Quelle tension reçoit le module une fois branché ? Expliquer l'écart.
- 3 Proposer des valeurs de R_1 et R_2 pour que le module reçoive 5,0 V à 5 % près. Quel est le prix à payer ?

Correction

- 1 À vide, R_1 et R_2 sont en série : $u_0 = E R_2 / (R_1 + R_2) = 5,0 \text{ V}$.
- 2 R_e est en parallèle sur R_2 : $R_2 // R_e = 3,3 \text{ k}\Omega$, d'où $u = E \frac{R_2 // R_e}{R_1 + R_2 // R_e} \approx 3,9 \text{ V}$. Le pont n'est plus « à vide » : le module prélève du courant.
- 3 En gardant $R_1/R_2 = 7/5$ et en posant $x = R_2/R_e$: $\frac{u}{u_0} = \frac{12}{12 + 7x} \geq 0,95 \Rightarrow x \leq 0,09$, soit $R_2 \lesssim 0,9 \text{ k}\Omega$ (par exemple $R_2 = 0,82 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$). Prix à payer : le pont débite environ 6 mA au lieu de 1 mA et dissipe environ 70 mW en pure perte. Il faudrait une source de faible résistance de sortie (régulateur).



5.C Défibrillateur

Circuits du premier ordre Transférer ...

Savoir-faire : modéliser une situation réelle par un circuit RC ; exploiter la solution ; raisonner sur l'énergie.

Un défibrillateur décharge un condensateur de capacité $C = 150 \mu\text{F}$, chargé sous $U_0 = 1,6 \text{ kV}$, à travers le thorax du patient, modélisé par une résistance $R = 50 \Omega$.

- 1 Calculer l'intensité maximale du courant et la constante de temps de la décharge.
- 2 Au bout de quelle durée 90 % de la charge a été délivrés au patient ?
- 3 Selon les patients, R varie de 25 à 150 Ω . Comment varient l'intensité maximale et la durée du choc ? Pourquoi les défibrillateurs modernes mesurent-ils R avant de délivrer le choc ?

Correction

- 1 $I_{\max} = U_0/R = 32 \text{ A}$ (à $t = 0^+$) ; $\tau = RC = 7,5 \text{ ms}$.
- 2 $0,1E = E e^{-t^*/\tau} \Rightarrow t^* = \tau \ln 10 \approx 17 \text{ ms}$.
- 3 $R = 25 \Omega : I_{\max} = 64 \text{ A}$, $\tau = 3,8 \text{ ms}$; $R = 150 \Omega : I_{\max} \approx 11 \text{ A}$, $\tau = 23 \text{ ms}$. L'énergie délivrée est la même, mais l'intensité (qui conditionne l'efficacité) et la durée changent beaucoup : l'appareil adapte la tension ou la forme de l'impulsion.

5.D Les raies visibles de l'hydrogène

Matière & mesure Transférer ...

Savoir-faire : relier énergie d'un photon et longueur d'onde ; exploiter un diagramme de niveaux ; confronter un modèle à une observation.

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par $E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$ ($n \geq 1$). Le spectre d'émission de l'hydrogène observé dans le visible (400 à 800 nm) présente exactement quatre raies : 656 nm, 486 nm, 434 nm et 410 nm. Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

- 1 Exprimer la longueur d'onde λ émise lors de la transition du niveau n vers le niveau $p < n$.
- 2 Montrer qu'aucune transition vers $p = 1$ ne donne de raie visible.
- 3 Montrer que le modèle explique les quatre raies observées, et pourquoi il n'y en a pas davantage dans le visible.
- 4 Les transitions vers $p = 3$ donnent-elles des raies visibles ?

Correction

- 1 $\frac{hc}{\lambda} = E_n - E_p = 13,6 \text{ eV} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, avec $hc \approx 1240 \text{ eV nm}$.
- 2 Vers $p = 1$, l'énergie est au moins $13,6 \text{ eV} \times \frac{3}{4} = 10,2 \text{ eV}$, soit $\lambda \leq 122 \text{ nm}$: ultraviolet.
- 3 Vers $p = 2 : n = 3 \rightarrow 656 \text{ nm}$, $4 \rightarrow 486 \text{ nm}$, $5 \rightarrow 434 \text{ nm}$, $6 \rightarrow 410 \text{ nm}$, $7 \rightarrow 397 \text{ nm}$ (déjà UV) ; quand



n augmente, λ diminue vers 365 nm. Seules quatre raies tombent dans le visible.

4 Vers $p = 3$: énergie au plus $13,6 \text{ eV}/9 = 1,51 \text{ eV}$, soit $\lambda \geq 821 \text{ nm}$: infrarouge.