DEVOIR SURVEILLE N°2

Durée de l'épreuve : 3 H

L'usage de la calculatrice est interdit

Lire tout l'énoncé avant de commencer, numéroter les feuilles et les questions, utiliser les notations de l'énoncé, apporter des justifications brèves mais précises et complètes, fournir des résultats homogènes et encadrés et des applications numériques soulignées et accompagnées d'une unité.

Ex1 : Brouillard, brume et purée de pois

Une petite goutte d'eau tombant dans l'atmosphère est soumise à son poids et à l'action de l'air. En négligeant la poussée d'Archimède, nous supposons que cette action de l'air se réduit à des frottements fluides de la forme $\vec{f} = -\lambda\,\vec{v}$. On abandonne une goutte d'eau sans vitesse initiale et en atmosphère calme. On admettra que le mouvement a lieu selon l'axe vertical Oz, que l'on orientera vers le bas.

1) Montrer sans calcul, en étudiant l'évolution au cours du mouvement des forces subies par la goutte, que celle-ci atteint une vitesse limite.
2) Exprimer le module v_{lim} de cette vitesse limite en fonction de m, λ et g.
3) Déduire du PFD l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par la vitesse. On mettra cette équation différentielle sous la forme $\dot{v} + \frac{v}{\tau} = \frac{v_L}{\tau}$, où τ désigne le temps caractéristique du mouvement, que l'on exprimera en fonction de λ et m.
   Vérifier que $v_L = v_{\text{lim}}$.
4) Résoudre cette équation pour trouver l'expression de la vitesse en fonction du temps. Tracer le graphe de $v(t)$.
5) Application numérique : $m = 1{,}00.\ 10^{-6}$ kg ; $g = 9{,}81$ m·s^{-2} , $v_L = 5{,}00.\ 10^{-3}$ m·s^{-1}. Calculer la durée de la chute pour que la vitesse limite soit atteinte à 10^{-2} près en valeur relative.

Ex 2 : Saut à l’élastique

On se propose de déterminer les caractéristiques d’un dispositif prévu pour le saut à l’élastique depuis un pont. L’élastique a une longueur à vide ℓ_0 et on lui fixe une masse d’épreuve m compacte. On lâche la masse, sans vitesse initiale, depuis le point d’accrochage de l’élastique. Elle subit une chute libre tant que l’élastique n’est pas en extension, puis elle est retenue par l’élastique sur le reste de sa course vers le bas. On néglige toute résistance de l’air qui pourrait s’appliquer sur la masse au cours du mouvement.
On donne l’accélération de la pesanteur g = 9, 8 m.s^{-2} .

1. Donner l’expression littérale de la vitesse atteinte à la fin de la chute libre par application du théorème de l’énergie cinétique.
2. Le point le plus bas atteint par la masse est situé à la distance d du point d’accrochage de l’élastique. Donner l’expression littérale de la constante de raideur k de l’élastique en fonction de m, g, d, ℓ_0 par application du théorème de l’énergie cinétique.
   Calculer k pour m = 100 kg, ℓ_0 = 20 m et d = 40 m.
3. Si la hauteur de chute maximale en dessous du pont est de 50 m, calculer la masse maximale que l’on peut accrocher à l’élastique.

Ex 3 : Le trampoline

Un enfant de masse *m* se tient sur un support fixe à une hauteur *h* au dessus d'un trampoline. On assimile le trampoline à une plaque rigide horizontale, de masse négligeable, fixée à un ressort vertical de masse également négligeable, de raideur *k*, de longueur à vide ℓ_0. L'enfant se laisse tomber depuis son support, il n'a donc pas de vitesse initiale (temps $t = 0$). On assimile l'enfant à un point de masse *m* et on considère que son mouvement s'effectue exclusivement suivant l'axe vertical z'z. Cet axe est orienté vers le haut, son origine z = 0 correspond à la position du trampoline au repos. L'accélération de la pesanteur est égale à g = 10 m.s^{-2}.

1) Le mouvement de l'enfant entre l'instant $t = 0$ et celui où il va atteindre sa hauteur maximale se décompose en trois phases :
   - chute
   - contact avec le trampoline
   - montée dans les airs

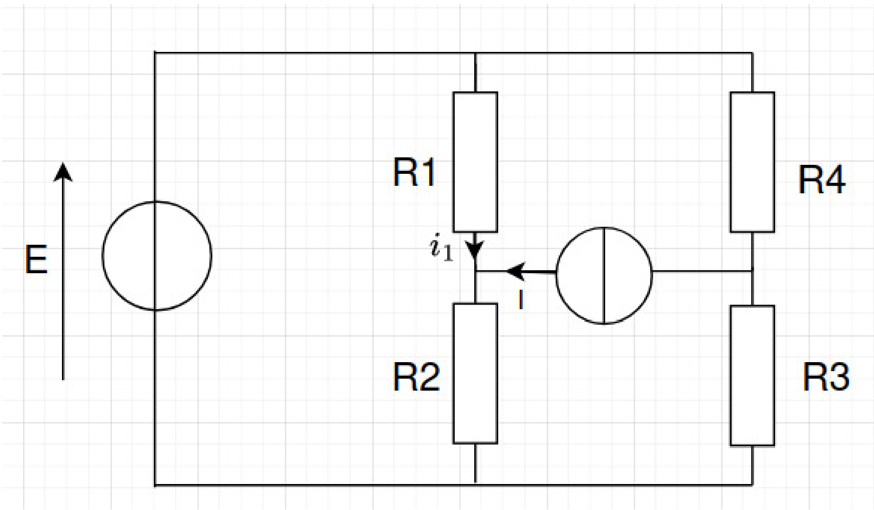
   La position z de l'enfant au cours de l'ensemble du mouvement varie entre deux positions extrêmes z_{min} et z_{max} que l'on déterminera plus loin.
   Faire un schéma représentatif des forces à prendre compte pour chaque phase du mouvement. indiquer également l'intervalle de variation de z pour chaque phase.
2) On néglige les frottements dans l'air. Démontrer que l'énergie mécanique Em reste constante au cours des différentes phases.
3) On considère le point z = 0 comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur. Donner l'expression de l'énergie potentielle Ep(z) associée au système, en prenant soin de différencier les différentes phases du mouvement.
4) Le graphe de la fonction Ep(z) est représenté sur le document réponse pour *m* = 50 kg et *k* = 2500 N.m^{-1}. Donner la valeur de l'altitude z_1 où le poids de l'enfant compense la tension du ressort (position d'équilibre). Indiquer ce point sur le graphe Ep(z).
5) Donner la valeur de l'énergie mécanique initiale Em_0 sachant que *h* = 1 m.
   Tracer Em(z) sur le graphe de Ep(z).
6) Que vaut l'énergie cinétique en z_1 ? Calculer alors la vitesse maxi atteinte par l'enfant.
7) Déterminer graphiquement l'altitude z_{min} du point le plus bas atteint par l'enfant. Indiquer ce point sur le graphe Ep(z). Même question pour l'altitude z_{max} du point le plus haut.
8) En réalité, l'enfant remonte 1,80 m plus haut que son altitude initiale. Comment expliquer ce phénomène?

Exercice 4 : Mesure d'un capteur de température

On souhaite alimenter un **capteur de température** (modélisé par la résistance R1) à l'aide :

- d'une **source de tension continue E** provenant d'une alimentation stabilisée,
- et d'un **générateur de courant I** correspondant à un dispositif de commande ou de calibration (par exemple, un générateur de consigne ou un régulateur).

Le capteur est intégré dans un circuit comportant plusieurs résistances d'adaptation R2,R3,R4, servant à équilibrer les tensions ou à simuler d'autres capteurs dans un pont de mesure.



1- Les deux générateurs étant parfaits, déterminer le courant i1 traversant le résistor R1 en fonction des résistances et de I :

a. **par une méthode directe (loi des nœuds)**

b. **en calculant les courants imposés dans R1** par chaque générateur supposé seul présent dans le circuit (théorème de superposition):

-générateur E seul : on prend alors I=0 (ce qui correspond à un circuit ouvert) ;

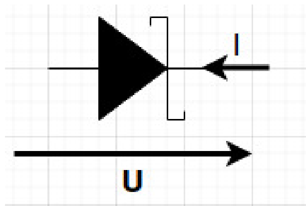
- générateur I seul : on prend alors E=0 (ce qui correspond à un court-circuit).

2- AN : E= 10V, I= 5mA, R1=2kΩ, R2=3kΩ

Exercice 5 : La diode zéner

Le dipôle appelée **diode Zener** est utilisée dans les alimentations pour réguler la tension des équipements électroniqueS,
On a relevé la caractéristique interne d'une **diode Zener**, en convention récepteur ,

U(V)	0	2,0	4,0	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2
I(mA)	0	0	0	0	50	100	150	200	250	300



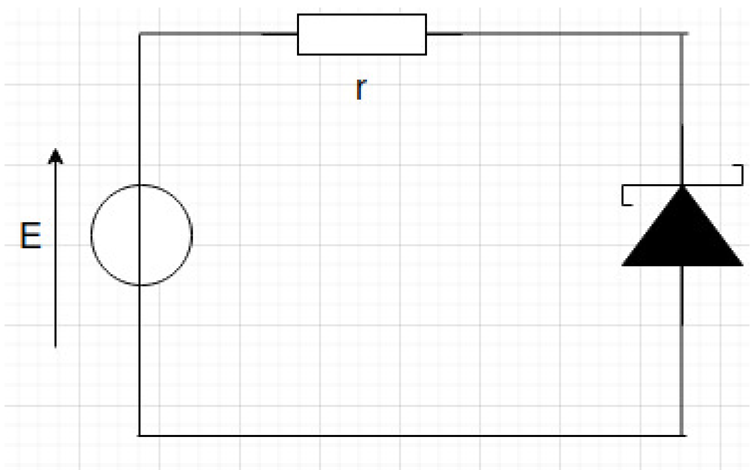
Représentation d'une diode Zéner en mode récepteur

1 - Tracer la caractéristique I=f(U).
Échelles : 1 V/cm ; 50 mA/cm.

2- Comment se comporte ce dipôle pour U entre 0 et 6,0 V ?

3- Pour U entre 6,0 V et 7,2 V, déterminer l'équation de la courbe I=f(U) du dipôle, puis en déduire U=f(I) en approximent une fonction affine.

4- On associe à cette diode une pile modélisée par un générateur de Thévenin de f.é.m. E=12 V et de résistance interne r=40 Ω.



a. Déterminer le point de fonctionnement (valeurs de I et U pour la diode lorsqu'elle est connectée à la pile, graphiquement et analytiquement.

b. Expliquer en détail en quoi la diode Zener permet de réguler la tension en aval du montage.

Exercice 6 :

1) Montage diviseur de tension

Une pile de f.é.m. e et de résistance r alimente deux résistances R1 et R2 disposées en série.

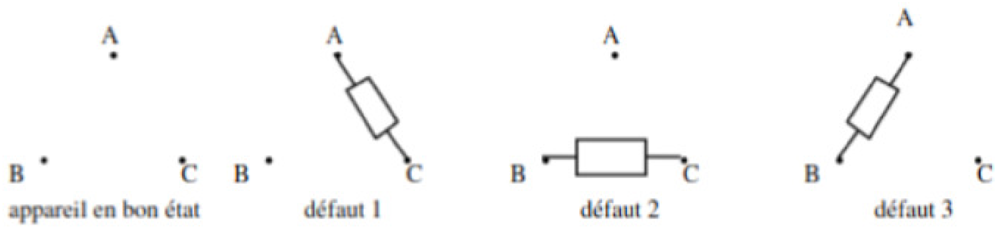
a) Exprimer la tension $u=V_A-V_B$ aux bornes de R2 en fonction de e, r, R1 et R2.
b) Que devient u si R1 est infini et R2 fini ?
c) Que devient u si R1 est fini et R2 infini ?

2) Recherche d'un défaut d'isolement

Un bon isolement signifie qu'il existe une résistance très élevée (théoriquement infinie) entre deux points, de sorte qu'aucun courant ne circule.

À l'inverse, un défaut d'isolement correspond à la présence d'une résistance finie (faible) entre deux points qui devraient être isolés.

Un appareil comporte trois réseaux formés de fils de très faibles résistances, qu'on peut schématiser par trois points A, B et C.
Si l'appareil est en bon état, ces trois points sont isolés.
Mais il peut y avoir aussi un défaut d'isolement, que l'on peut schématiser par une résistance finie située entre deux de ces points :



Pour rechercher s'il existe un ou plusieurs de ces défauts d'isolement, on branche entre deux des points A, B et C un générateur de force électromotrice e=2,2 V et de résistance interne r=0,1Ω, ainsi qu'un voltmètre. Le voltmètre est modélisé par une résistance Rv=30 000 Ω .

Justifiez systématiquement : raisonnement, montage équivalent à fournir, lois utilisées et calculs si nécessaire (unités obligatoires).

On lit la tension u affichée par le voltmètre :

a) Si le générateur est branché entre A et B, tandis que le voltmètre est entre B et C, et que u=0,2V, que peut-on en déduire sur la position des défauts d'isolement possibles ?

b) Si le générateur est branché entre A et B, tandis que le voltmètre est entre A et C, et que u=0, que peut-on en déduire sur la position des défauts d'isolement possibles ?

c) Si le générateur est branché entre B et C, tandis que le voltmètre est entre A et C, et que u=0, que peut-on en déduire sur la position des défauts d'isolement possibles ?

d) En déduire où se trouve le (ou les) défaut(s) d'isolement et sa (ou leurs) valeur(s).

Document Réponse : Tracé de Ep(z) pour m = 50 kg et k = 2500 N·m[-1]