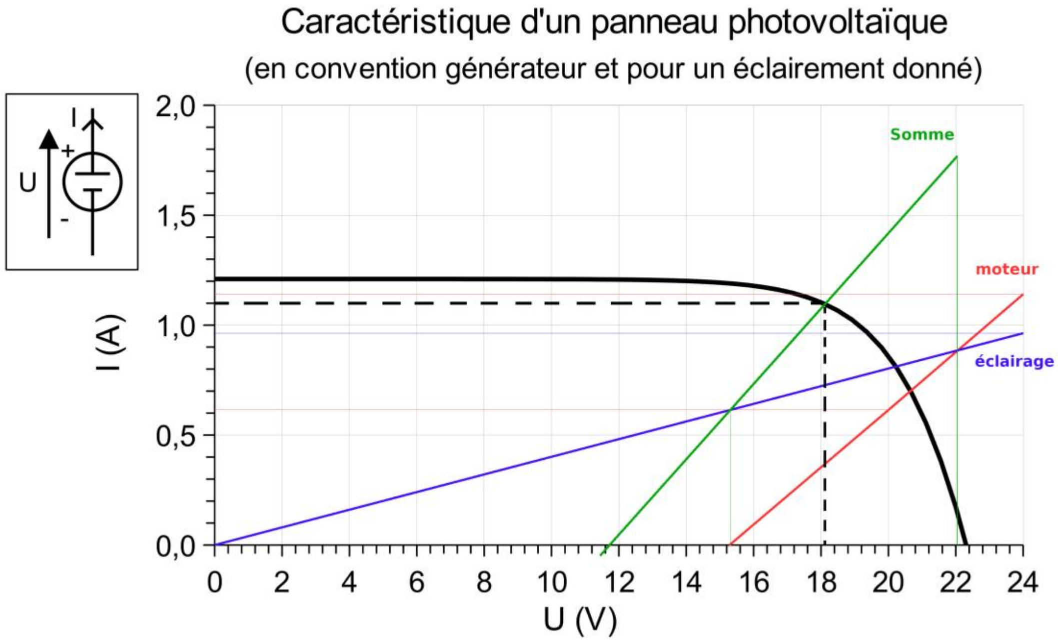
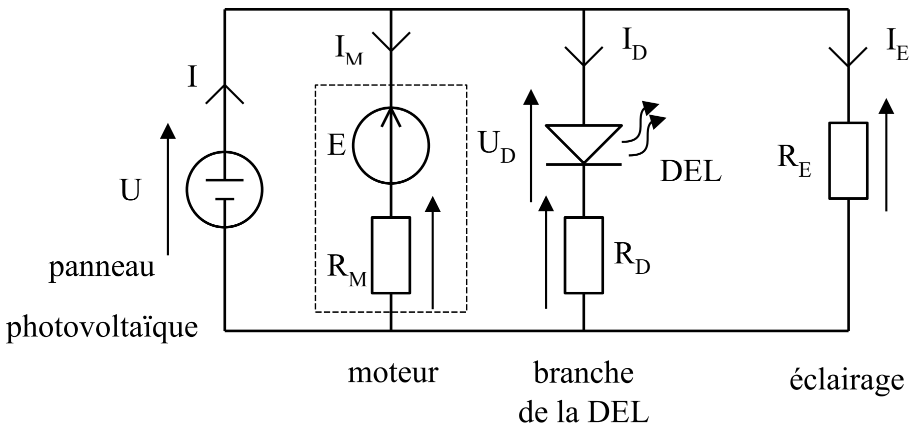
Interrogation écrite de Physique (IE3)

7 janvier 2022, 1h30 **Corrigé / barème**

Exercice 1 : Utilisation d'un panneau photovoltaïque /8 +0,75 bonus

		Points
1) /1	Sur la Fig. 2 on voit que $P_{max} \approx 20{,}0$ W pour $U \approx (18{,}0 \pm 0{,}2)$ V. On peut accepter 17,8 V < U < 18,2 V et 0,2 < ΔU < 0,4 car le sommet n'est pas très pointu. Sur la Fig. 1 ça correspond à $I \approx (1{,}10 \pm 0{,}05)$ A (demi graduation sur I). (Mettre la moitié des points si pas d'incertitude)	0,5 0,5
2) /2,5	Le courant I = 1,10 A fourni par le panneau se divise en 2 : le courant I_M qui traverse le moteur et le courant I_E consommé par l'éclairage. Pour le moteur, on a $U = E + R_M I_M$ soit $I_M = (U - E)/ R_M = (18{,}0 - 15{,}26)/7{,}7 = 0{,}356$ A = 356 mA. Le système d'éclairage peut donc consommer : $I_E = I - I_M = 1{,}1 - 0{,}356 = 0{,}744$ A D'après la notice chaque ampoule doit avoir une tension de 6V à ses bornes et être parcourue par un courant de 100mA. Pour obtenir une tension nominale U=18V il faut donc 3 ampoules en série parcourue par un courant de 100 mA. Donc en plaçant 7 branches de 3 ampoules en série on atteint un courant total de 700 mA ce qui permet de faire fonctionner le panneau non loin de son point de fonctionnement. Chaque ampoule présente une résistance de 6/0,1 = 60 Ω. Soit 180 Ω pour 3 ampoules en série. Comme il y a 7 branches en // on a $1/R_E = 7*(1/180)$ Ω soit $R_E = 25{,}7$ Ω Accepter par calcul direct (même si la question pas entièrement traitée): $R_E=U/I_E = 24{,}2$ Ω Bonus :si commentaires judicieux sur les calculs avec les deux méthodes	Calcul de I_E : /0,75 Raisonnement : /1 Calcul R_E : /0,75 Bonus 0,25
3) /2,5	La caractéristique du moteur est donnée par $I_M = (U - E)/ R_M = (1/R_M)\, U - (E/R_M) \approx 0{,}13\, U - 1{,}98$ (avec U en Volt et I_M en Ampère) La caractéristique du moteur ayant une ordonnée à l'origine négative on peut prendre les deux points suivants, par exemple : (15,2 V ; 0 A) et (24 V ; 1,14 A) La caractéristique de l'éclairage est donnée par $I_E = (1/R_E)U \approx 0{,}04\, U$ La caractéristique de l'éclairage passe par l'origine et par le point (24 V ; 0,93 A) par exemple. On trace ces deux caractéristiques puis on fait la somme d'après la loi des nœuds ou toute autre méthodes correcte Tracé :	/1 /0,5 /1

	 Bonus : On retrouve le point de fonctionnement à l'intersection des caractéristiques du panneau et de la charge totale, non loin du point de fonctionnement idéal.	Bonus 0,5
4) /0,5	Schéma avec le bon sens pour la DEL par rapport à I_D + résistance R_D  	 0,5
5) /1,5	Le courant qui traverse la DEL est limité à 20 mA avec $R_D = (U - U_{DS})/I_D$ $R_{D\,MIN} = (U_{MIN} - U_{DS})/I_{D\,MAX} = (U - \Delta U - U_{DS})/(I_D + \Delta I_D)$ $R_{D\,MAX} = (U_{MAX} - U_{DS})/I_{D\,MIN} = (U + \Delta U - U_{DS})/(I_D - \Delta I_D)$ Et $\Delta R_D = (R_{D\,MAX} - R_{D\,MIN}) / 2$ Pour U = 18,0 V, ΔU = 0,2 V et ΔI_D = 2 mA on trouve $\Delta R_D = (928 - 741) / 2 \approx 94\ \Omega$ $R_D = (R_{D\,MAX} + R_{D\,MIN})/2 = 834\ \Omega$ ou par calcul direct avec les valeurs $R_D = (U - U_{DS})/I_D = 825\ \Omega$ Soit $R_D = (825 \pm 94)\ \Omega$ (ou $834 \pm 94\ \Omega$) Valeur à adapter en fonction des valeurs de U et ΔU obtenues. 3CS pour le résultat	0,25 0,75 0,25 0,25

Exercice 2 : Circuit en régime transitoire /12 +0,5 bonus

		Points
1) /1	Pour une inductance pure, le courant varie de manière continue. Pour $t < 0$, $i(0^-)= 0$ donc pour $t = 0+$, $i(0^+) = 0$	0,25
	Puisque $i(0) = 0$ on peut utiliser la formule du pont diviseur pour trouver u_1 et u_2 $u_1(0) = R_1E / (R_1 + R_2)$ $u_2(0) = R_2E / (R_1 + R_2)$ **Ou bien**, si l'on y pense pas, dans la maille de gauche on a : $E - R_1i_1 - R_2(i_1 - 0) = 0$ soit $i_1(0) = E / (R_1 + R_2)$ et on en déduit $u_1(0) = R_1i_1$ et $u_2 = R_2i_1$	 0,25 0,25
	$i(0) = 0$ donc la tension aux bornes de r est nulle à $t = 0+$, donc $u(0) = u_2(0)$	0,25

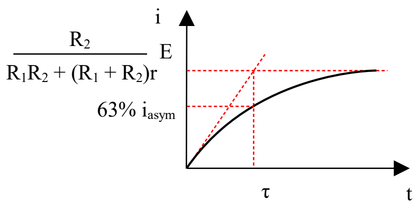
2) /2,5	En régime permanent : $u(\infty) = Ldi/dt = 0$ (bobine équivalente à un fil)
	donc tout se passe comme si l'on avait E en série avec $R_1 + (R_2 // r)$.
	Simplification de $R_2 // r$: $R_{//}=\frac{R_2 r}{R_2+r}$
	Soit on utilise la loi des mailles soit la formule du pont diviseur donne directement :
	$u_1(\infty)= R_1E / (R_1 + R_{//})$ et $u_2 = R_{//}E / (R_1 + R_{//})$
	Ce qui donne :
	$u_1(\infty) = \frac{R_1}{R_1+\frac{R_2 r}{R_2+r}} E = \frac{R_1(R_2+r)}{R_1R_2+(R_1+R_2)r} E$ et $u_2(\infty) = \frac{\frac{R_2 r}{R_2+r}}{R_1+\frac{R_2 r}{R_2+r}} E = \frac{R_2 r}{R_1R_2+(R_1+R_2)r} E$
	Et i tend vers u_2/r, soit : $i(\infty) = \frac{R_2}{R_1R_2+(R_1+R_2)r} E$
		0,25
		2 x 1
		0,25

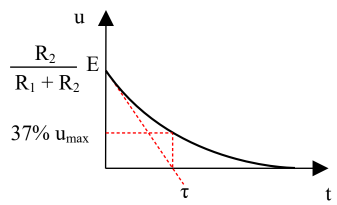
3) /1,5	Il faut trouver le géné de Thévenin équivalent à la partie gauche du circuit (gauche de AB). Les étapes de la transfiguration sont à détailler, par exemple : Etape 1 : passer le générateur de tension et R_1 en Norton : $I_1=E/R_1$ en // avec R_1 Etape 2 : simplifier $R_1//R_2$ par $Req=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$ Etape 3 : repasser en thévenin : $Eth= Req^* I_1=\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) E$ On trouve que la FEM et la résistance équivalentes valent : $E_{th}=\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) E$ et $R_{eq} = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$	 0,5 0,5 0,5
4) /2,5	on se ramène alors à un circuit à une seule maille et il est simple de déterminer i. La loi des mailles donne alors : $E_{th}=u+(r+R_{eq})*I$ on en tire l'équation différentielle en i :avec : $u= Ldi/dt$ $\frac{di}{dt} + \frac{1}{L}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2} + r\right) i = \frac{1}{L}\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) E$ ou encore $\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = \frac{1}{L}\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) E$ avec τ la constante de temps : $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{L}\left(\frac{R_1R_2+(R_1+R_2)r}{R_1+R_2}\right)$ soit $\tau = L\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2+(R_1+R_2)r}\right)$ Solution particulière i_P (constante): $i_P = \frac{R_2}{R_1R_2 + (R_1 + R_2)r} E$ (Rq : on retrouve la valeur asymptotique de i en régime permanent calculée à la Q.2)	 0,25 0,25 0,25 0,25

<table>
<tr><td></td><td>Solution i_G de l'équation homogène sans second membre :
$$i_G = Ce^{\frac{-t}{\tau}} \text{ avec } C \in \mathbb{R}$$(Mettre 0 aux questions suivantes si la constante C est déterminée maintenant avant d'avoir écrit la solution complète de l'équa diff.)</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td></td><td>Solution complète : $i = i_P + i_G$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td></td><td>Maintenant on peut déterminer C d'après la condition initiale : à $t = 0^+$, il a été montré à la question 1) que $i(0^+) = 0$
$$\text{D'où } C = \frac{-R_2}{R_1R_2+(R_1+R_2)r}E$$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td></td><td>Finalement : $i(t) = \frac{R_2}{R_1R_2+(R_1+R_2)r}E\left(1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right)$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td></td><td>$$u(t) = L\frac{di}{dt} = \frac{R_2}{R_1+R_2}Ee^{\frac{-t}{\tau}}$$Remarque : à $t = 0^+$ on retrouve le résultat de la question 1)
Et quand t tend vers l'infini, on retrouve le résultat de la question 2)</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>5)

/2</td><td>Allure correcte avec les valeurs des asymptotes et valeurs initiales précisées (mettre 0,25 si aucune valeur)

Bonus : tracé de la tangente à l'origine qui coupe l'asymptote à t infini en $t = \tau$
ou s'il est indiqué sur la courbe de i que i vaut 63% de i_{asym} pour $t = \tau$
ou $u = 37\%\ u_{max}$ pour $t = \tau$




</td><td>2 x 1 (pour u et i)

Bonus : 0,5</td></tr>
<tr><td>6)

/1</td><td>Soit on sait que ça correspond à peu près à $t_0 = \tau$ et on calcule directement :
$L = t_0\left(\frac{R_1R_2+(R_1+R_2)r}{R_1+R_2}\right) = 59{,}96mH \approx 60mH$
Soit on pose le calcul :
$u_{max} = \frac{R_2}{R_1+R_2}E$ pour $t = 0^+$
donc $0{,}37\frac{R_2}{R_1+R_2}E = \frac{R_2}{R_1+R_2}Ee^{\frac{-t_0}{\tau}} \Leftrightarrow ln(0{,}37) = \frac{-t_0}{\tau} \Leftrightarrow \tau = \frac{-t_0}{ln(0{,}37)}$
$L = \frac{-t_0}{ln(0{,}37)}\left(\frac{R_1R_2+(R_1+R_2)r}{R_1+R_2}\right)$
Et on trouve L = 60,4 mH
La différence vient du fait que 37% est une valeur arrondie</td><td>Expression : 0,5

AN : 0,5</td></tr>
<tr><td>7)

/1,5</td><td>Énergie stockée dans la bobine : à démontrer, par exemple :
$$P_L = u * i = L * i * \frac{di}{dt}$$$$E_L = \int_0^\infty P_L\,dt = \int_0^\infty L * i * \frac{di}{dt}dt = \left[\frac{1}{2}Li^2(t)\right]_0^\infty$$Avec les CI et le régime permanent sur i on en déduit :
$$E_L = \frac{1}{2}Li^2(\infty) - 0 = \frac{1}{2}L * \left(\frac{R_2}{R_1R_2+(R_1+R_2)r}E\right)^2$$Ou en faisant un calcul direct de l'énergie à partir des expr. de u(t) et de i(t) trouvées :
$E_L = \int_0^\infty P_L\,dt = \int_0^\infty u(t) * i(t)\,dt\ldots$</td><td>/1,5

Mettre 0,75 si non démontrée</td></tr>
</table>