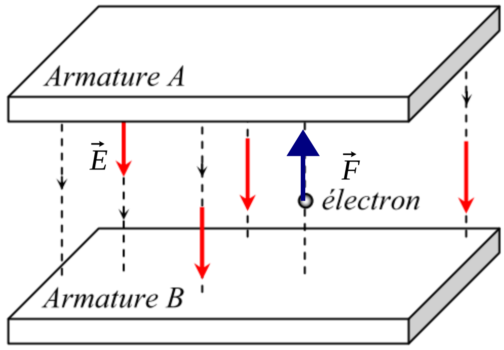
## I. Champ électrique (3 points)




1) Le champ électrique est orienté de l'armature positive vers l'armature négative. Donc l'armature A est positive.
2) $\vec{F}=q\times\vec{E}=-e\times\vec{E}$ . L'intensité de cette force est

   $F=e\times E=1{,}60\times10^{-19}\times2{,}00\times10^{2}=\mathbf{3{,}20\times10^{-17}\,N}$
3) D'après la relation vectorielle précédente, $\vec{F}$ aura même direction mais son sens sera opposé à celui de $\vec{E}$ .

## II. Un service au tennis (7 points + Bonus 1 point)

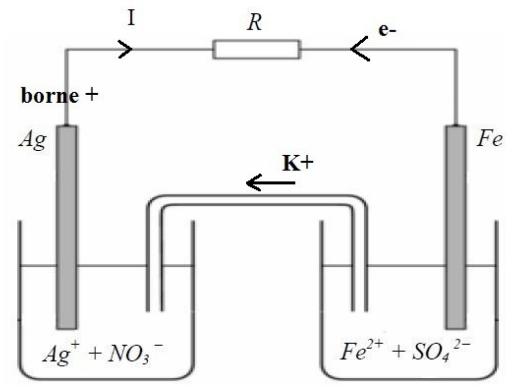
1) $\boxed{E_C(D)=\frac{1}{2}\times m\times v_D^2}$ . Il faut faire les conversions nécessaires pour que la vitesse s'exprime en m.s$^{-1}$ et que la masse s'exprime en kg. $E_C(D)=\frac{1}{2}\times58{,}0\times10^{-3}\times\left(\frac{198}{3{,}6}\right)^2=\mathbf{87{,}7\,J}$
2) $\boxed{E_{pp}(D)=m\times g\times h}$ . Il faut faire les conversions nécessaires pour que la masse s'exprime en kg.

   $E_{pp}(D)=58{,}0\times10^{-3}\times2{,}20\times9{,}81=\mathbf{1{,}25\,J}$
3) $\boxed{E_M(D)=E_C(D)+E_{pp}(D)}$ ; $E_M(D)=87{,}7+1{,}25=\mathbf{89{,}0\,J}$
4) On néglige les frottements de l'air, donc l'énergie mécanique se conserve : **$E_M$(B) = $E_M$(D).**
5) $E_M$(B) = $E_M$(D) donc $E_C$(B) + $E_{pp}$(B) = $E_C$(D) + $E_{pp}$(D)

   $\frac{1}{2}mv_B^2+0=\frac{1}{2}m\,v_D^2+mgh$ ; on simplifie par m et on multiplie par 2 : $v_B^2=v_D^2+2gh$ d'où $\boxed{v_B=\sqrt{v_D^2+2gh}}$

   application numérique : $v_B=\sqrt{\left(\frac{198}{3{,}6}\right)^2+2\times9{,}81\times2{,}20}=\mathbf{55{,}4\,m.s^{-1}}$ .
6) **BONUS** : En raison des frottements, l'énergie mécanique diminue puisqu'une partie est dissipée par effet Joule. On a donc E'$_M$(B) < $E_M$(D). En partant des développements précédents, on obtient $\frac{1}{2}m v_B'^2<\frac{1}{2}m\,v_D^2+mgh$ soit $v'_B<\sqrt{v_D^2+2gh}$ c'est à dire $v'_B<v_B$ . La vitesse réelle est donc **inférieure** à la vitesse calculée précédemment.

## III. La pile fer-argent (6 points)




1) La **borne positive** de la pile est la **lame d'argent** car le courant circule, en dehors de la pile, de la borne positive vers la borne négative.
2) Les électrons se déplacent dans le **sens inverse du courant électrique**, soit de la borne négative vers la borne positive.
3) **$Ag^+_{(aq)}$ + $e^-$ = $Ag_{(s)}$**. Il s'agit d'une **réduction** car l'oxydant $Ag^+_{(aq)}$ est réduit en $Ag_{(s)}$.
4) Demi-équation qui se déroule à l'électrode de fer : **$Fe_{(s)}$ = $Fe^{2+}_{(aq)}$ + 2 $e^-$**
5) Multiplions par 2 la demi-équation qui se déroule à l'électrode d'argent afin d'avoir le même nombre d'électrons dans les deux demi-équations. On obtient alors : **2 $Ag^+_{(aq)}$ + $Fe_{(s)}$ = 2 $Ag_{(s)}$ + $Fe^{2+}_{(aq)}$**
6) La solution contenant les ions $Ag^+$ voit sa **quantité d'ion $Ag^+$ diminuée** car ce sont des réactifs de l'équation d'oxydoréduction. Afin de **maintenir l'électroneutralité** dans cette solution, les ions **$K^+$** présents dans le pont salin vont s'y déplacer.

## IV. La pile cuivre-aluminium (4 points)

1) **$n_0(Cu^{2+}_{(aq)}) = [Cu^{2+}_{(aq)}] \times V$** = $5{,}0 \times 50 \times 10^{-3} = \mathbf{2{,}5 \times 10^{-1}}$ **mol**

$$n_0(Al_{(s)}) = \frac{m_{Al}}{M} = \frac{5{,}60}{27{,}0} = \mathbf{2{,}07 \times 10^{-1}\,mol}$$

2) La pile cessera de fonctionner **lorsque l'un des réactifs aura totalement disparu**. Avec le tableau d'avancement :
Si $Al_{(s)}$ est le réactif limitant : $0{,}207 - 2x_{max} = 0$ c'est à dire $x_{max} = \frac{0{,}207}{2} = \mathbf{0{,}104\,mol}$ ;
Si $Cu^{2+}_{(aq)}$ est le réactif limitant : $0{,}25 - 3x_{max} = 0$ c'est à dire $x_{max} = \frac{0{,}25}{3} = \mathbf{0{,}083\,mol}$ . Cet avancement maximal est le plus petit, donc **$Cu^{2+}_{(aq)}$ est le réactif limitant**. La pile cessera donc de fonctionner **car il n'y a plus d'ions cuivre dans la solution**.
**Autre méthode possible** : on compare la quantité initiale de chaque réactif divisé par son coefficient stœchiométrique soit $\frac{0{,}25}{3}$ et $\frac{0{,}207}{2}$ donc 0,104 mol et 0,083 mol. La valeur la plus faible correspond bien à l'ion **$Cu^{2+}_{(aq)}$ qui est le réactif limitant**.

| équation-bilan | | $3\,Cu^{2+}_{(aq)}$ + | $2\,Al_{(s)}$ ⟶ | $3\,Cu_{(s)}$ + | $2\,Al^{3+}_{(aq)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| État initial | $x = 0$ | 0,25 | 0,207 | $n_0(Cu)$ | $n_0(Al^{3+}_{(aq)})$ |
| en cours | $x$ | $0{,}25 - 3x$ | $0{,}207 - 2x$ | $n_0(Cu) + 3x$ | $n_0(Al^{3+}_{(aq)}) + 2x$ |
| État final | $x = x_{max}$ | $0{,}25 - 3x_{max}$ | $0{,}207 - 2x_{max}$ | $n_0(Cu) + 3x_{max}$ | $n_0(Al^{3+}_{(aq)}) + 2x_{max}$ |

Remarque : les quantités initiales de cuivre métal $n_0(Cu)$ et d'ions aluminium $n_0(Al^{3+}_{(aq)})$ ne sont pas nulles

| | | Connaître | | | | | | Appliquer | | | | | | Raisonner | | | | | | Communiquer | | | | CS-U-CV | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 1 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | CS-U-CV | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | | | /12 |
| II | 1 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | CS-U-CV | |
| | 2 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | CS-U-CV | |
| | 3 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | CS-U-CV | |
| | 4 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | | | |
| | 5 | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | CS-U-CV | |
| | BONUS | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | /32 |
| III | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| | 3 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | | | |
| | 4 | | | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | /24 |
| IV | 1 | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | CS-U-CV | |
| | | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | CS-U-CV | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | CS-U-CV | /16 |
| **Totaux** | | /20 | | | | | | /34 | | | | | | /16 | | | | | | /14 | | | | | /84 |
| CS : erreur de chiffres significatifs ; U : erreur ou oubli d'unités ; CV : erreur de conversion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | /20 |