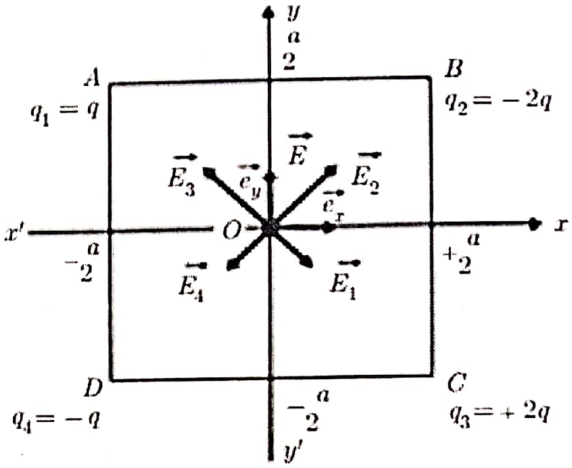
Exercice 1 **18 points**

2.1. *1)* Détermination du champ $\vec{E}$ en O.

Soit $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$, $\vec{E}_3$ et $\vec{E}_4$ les champs créés en O respectivement par les charges q_1, q_2, q_3, q_4.

1 pt



1 pt

On a :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

Par raison de symétrie :

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_4 = -2E_1 \cos\frac{\pi}{4}\vec{e}_y$$

$$= -2K \cdot \frac{2q}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{e}_y$$

$$= -\frac{2Kq}{a^2}\sqrt{2}\vec{e}_y$$

1 pt

On a de même :

$$\vec{E}_2 + \vec{E}_3 = 2E_2 \cos\frac{\pi}{4}\vec{e}_y = 2K\frac{4q}{a^2}\frac{\sqrt{2}}{2}\vec{e}_y$$

$$= 4K\frac{q}{a^2}\sqrt{2}\vec{e}_y \text{ soit :}$$

1 pt

$$\boxed{\vec{E} = \frac{2Kq}{a^2}\sqrt{2}\vec{e}_y}$$

Le champ résultant $\vec{E}$ est donc :

– dirigé suivant l'axe $y'oy$;

– dans le sens positif de l'axe $y'oy$;

1 pt

– de norme $E = \dfrac{2Kq}{a^2}\sqrt{2}$.

A.N. : $E = 9 \cdot 10^9 \times 10^{-8} \times 2\sqrt{2} = 254{,}6\ \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$ **1 pt**

2) Détermination du potentiel V en O :

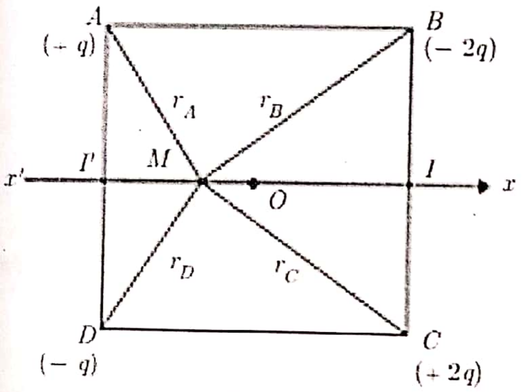
Soient V_1, V_2, V_3 et V_4 les potentiels créés par les charges q_1, q_2, q_3 et q_4 en O.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = \frac{2Kq}{a\sqrt{2}}[1-2+2-1]$$ **1 pt**

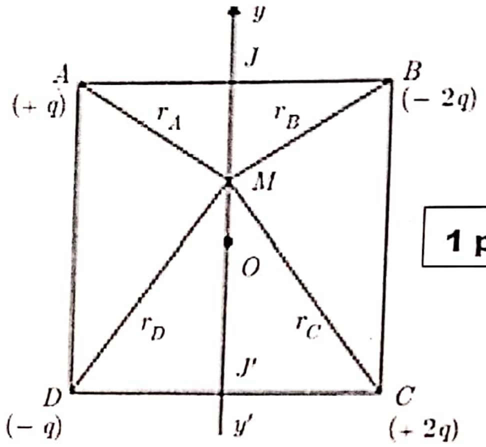
soit : $$\boxed{V = 0}$$ **1 pt**

3) Variation du potentiel sur les axes $x'Ox$ et $y'Oy$

1 pt



Cas a



Cas b

1 pt

a) Sur l'axe $x'Ox$, on a :

$$MA = MD \quad \text{et} \quad MB = MC$$ **1 pt**

$$V = Kq\left[\frac{1}{MA} - \frac{2}{MB} + \frac{2}{MC} - \frac{1}{MD}\right] \quad \text{d'où} \quad V = 0$$ **1 pt**

L'axe $x'Ox$ est une équipotentielle $V = 0$

I et I' étant sur l'axe, on a $\quad V(I) = V(I') = 0$. **1 pt**

b) Sur l'axe $y'Oy$, on a : $\quad MA = MB \quad$ et $\quad MC = MD$ **1 pt**

$$V = Kq\left[\frac{1}{MC} - \frac{1}{MA}\right]$$ **1 pt**

soit : $$\boxed{V = Kq\left\{\left[(y-a)^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{-\frac{1}{2}} - \left[(y-a^2) + \frac{a^2}{4}\right]^{-\frac{1}{2}}\right\}}$$ faux. **1 pt**

$MC = \sqrt{\left(\frac{a}{2} + y\right)^2 + \frac{a^2}{4}}$ et $MA = \sqrt{\left(\frac{a}{2} - y\right)^2 + \frac{a^2}{4}}$

$V = kq\left\{\left[\left(\frac{a}{2} + y\right)^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{-\frac{1}{2}} - \left[\left(\frac{a}{2} - y\right)^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{-\frac{1}{2}}\right\}$

En deux points symétriques par rapport à O, sur l'axe $y'Oy$, les potentiels sont opposés :

$$V(y) = -V(-y)$$ **1 pt**

Si M est en J, on a $JA = \dfrac{a}{2}$ et $JC = \dfrac{a\sqrt{5}}{2}$, soit : $y = \frac{a}{2}$

$$V(J) = Kq\left[\frac{2}{a\sqrt{5}} - \frac{2}{a}\right] = \frac{2Kq}{a}\left(\frac{\sqrt{5}-5}{5}\right)$$

J' $y = -\frac{a}{2}$

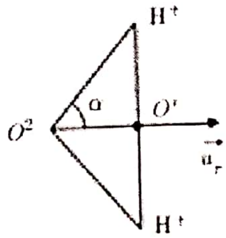
Si M est en J', alors $V(J') = -V(J)$.

$A.N.$: $V(J) = -99{,}5$ volts $V(J') = 99{,}5$ volts

Exercice 8 **12 points**

A)

2.7. *A)* Moment dipolaire de la molécule H_2O :



1 pt

$$\vec{p}_A = 2|e|\,\overrightarrow{OO'} = 2|e|\,OH\cos\alpha \cdot \vec{u}_r$$

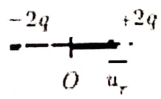
1 pt

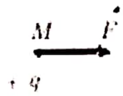
$A.N.$: $\cos\alpha = \cos 52° = 0{,}615$

$$p_A = 2 \times 1{,}6 \cdot 10^{-19} \times 10^{-10} \times 0{,}615 = 19{,}68 \cdot 10^{-29}\ \text{C.m}$$

B.1)

B) 1) Force exercée par la molécule A sur la charge $+q$ placée en M : $\vec{F} = q \cdot \vec{E}_A$





1 pt

Sur l'axe du dipôle, on a :

1 pt

$$\vec{E}_A = E_A\,\vec{u}_r = 2K\frac{p_A}{r^3}\vec{u}_r$$

1 pt

$$\Longrightarrow \quad \vec{F} = \frac{q\,2Kp_A\vec{u}_r}{r^3}$$

1 pt

La charge q étant positive, la force $\vec{F}$ est répulsive.

2) a) Énergie potentielle du dipôle placé en M :

B.2.a)

1 pt

$$E_p = -\vec{p}\cdot\vec{E} = -(p\vec{u}_r)\cdot\left(2Kp_A\frac{\vec{u}_r}{r^3}\right) = -\frac{2Kp_Ap}{r^3}$$

B.2.b)

b) Force à laquelle est soumis le dipôle placé en M :

1 pt

$$\vec{F} = -\frac{dE_p}{dr}\vec{u}_r = -6K\frac{p_Ap}{r^4}\vec{u}_r \quad \text{(attractive)}$$