ISEM3 **le 27 mars 2002**
INTERROGATION
Durée: 1^{h}30
Sans Document
Avec Calculatrice

PHYSIQUE DU SOLIDE

On considère le cristal bi-dimensionnel hexagonal simple représenté en annexe, et constitué d'atomes A tous identiques (a = côté de l'hexagone).

Cristallographie *(≈ 8 points)*

1. Préciser en fonction de a et représenter graphiquement les données cristallographiques suivantes :

- Vecteurs de base du réseau direct fournissant une maille élémentaire, en imposant qu'un des deux vecteurs se trouve suivant l'axe Ox et que le point O soit le nœud origine du réseau,
- Nœuds du réseaux (à marquer d'une croix X)
- Motif primitif associé (à entourer),
- Surface S de la maille élémentaire (à hachurer).

On exprimera les vecteurs dans le repère orthonormé sans dimension $(\vec{i}, \vec{j})$.

3. Déterminer les vecteurs de base du réseau réciproque associé, le représenter et dessiner la forme de la première zone de BRILLOUIN.

Modèle d'électrons libres *(≈ 12 points)*

On suppose que chaque atome A possède un électron sur sa couche de valence et qu'on peut traiter ces électrons dans un modèle d'électrons libres. On désignera par m la masse de l'électron, par N_e le nombre et par n la concentration bidimensionnelle en électrons libres. Le cristal a une dimension L_x suivant Ox et L_y suivant Oy (surface du cristal $S_C=L_xL_y$).

1. Exprimer en fonction de a et calculer la concentration n en électrons libres dans le cristal (prendre a=0.277 nm).

2. Rappeler les hypothèses du modèle d'électrons libres et retrouver l'expression des états stationnaires (niveaux d'énergie et fonctions d'onde) accessibles à ces électrons en utilisant les conditions aux limites de BORN-VON-KARMAN.

3. Préciser dans l'espace des $\vec{k}$ (lui aussi 2D) le lieu des points correspondant à une énergie inférieure à une valeur donnée E et la surface « occupée » par un état $\vec{k}$. Combien d'états quantiques sont "disponibles" pour chaque état $\vec{k}$? En déduire en fonction de la concentration n d'électrons la position du niveau de Fermi E_F à O°K. On mettra cette expression sous la forme :

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m}$$

et on précisera l'expression de k_F en fonction de n.

4. Calculer par une intégration dans l'espace des $\vec{k}$ l'énergie totale E_T du système électronique (des N_e électrons) en fonction de n et S_C à 0°K. Calculer alors en eV la valeur moyenne de l'énergie par électron dans ce cristal à 0°K.

<u>*indication*</u>*: on pensera passer en coordonnées polaires dans le plan k_x , k_y.*

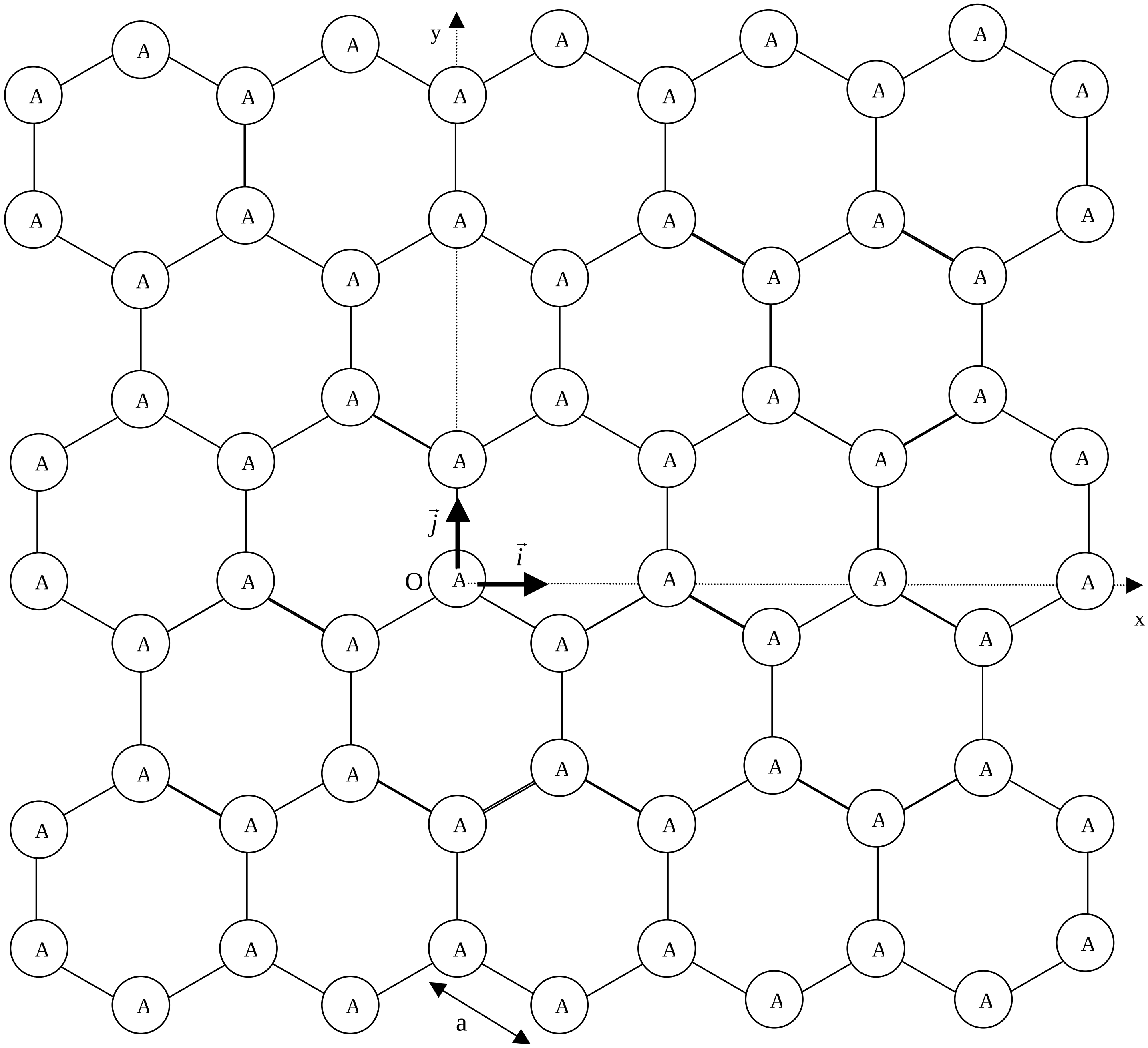
Précisez juste ce que devient l'expression intégrale lorsque la température T n'est plus nulle.

5. Exprimer en fonction de n ou a, puis calculer en tout point du cristal, la densité de charge induite par ce gaz d'électrons libres à 0°K.

<u>**Liste de valeurs numériques utiles**</u>:

Constante de Planck:	$h= 6.62\text{x}10^{-34}$ J.s
Constante de Planck réduite:	$\hbar = 1.054\text{x}10^{-34}$ J.s
Masse de l'électron:	$m= 9.1\text{x}10^{-31}$ Kg
Charge de l'électron:	$e= -1.6\text{x}10^{-19}$ C
Electron-Volt:	1 eV = $1.6\text{x}10^{-19}$ J

NOM :……………………………………………………………



NOM :……………….………………………………….

Réseau réciproque et Zone de Brillouin