

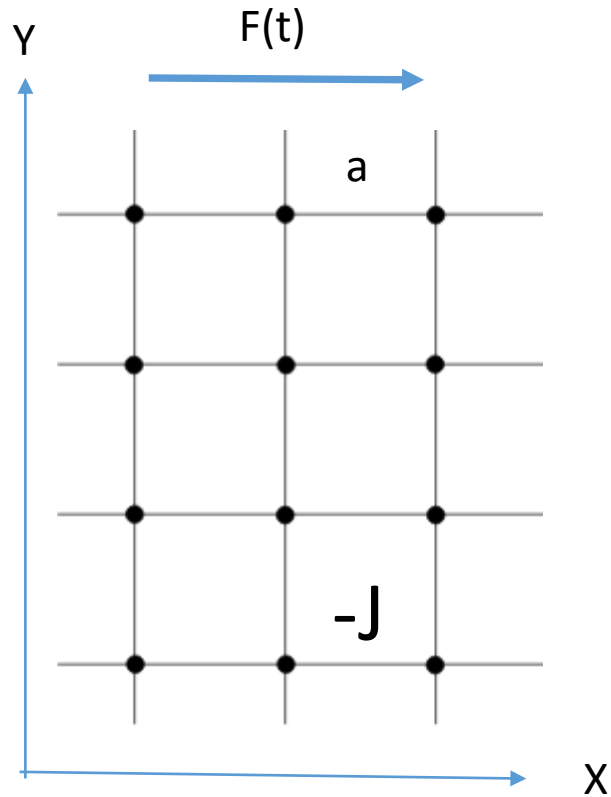
Cours n°6: Simuler l'effet Hall quantique avec des réseaux artificiels

Comment simuler le comportement des électrons sous champ magnétique avec des particules neutres sur un réseau?

- 1) Mouvement d'une particule dans un potentiel périodique: la vitesse « anormale »
- 2) Quelles conditions pour l'effet Hall Quantique? Lien avec les invariants topologiques
- 3) L'effet quantique anormal avec des photons

Illustration expérimentales avec des réseaux de cavités optiques: propagation de la lumière le long d'états de bord

Mouvement d'une particule dans un réseau carré soumise à une force uniforme



Vitesse moyenne?

Vitesse suivant Y ?

Conductance dans une bande uniformément remplie

- Réseau à deux sites par motifs.
- 1 particule par cellule unité
- On néglige le spin



2 bandes avec N états par bande

Bande fondamentale pleine

Bande supérieure vide

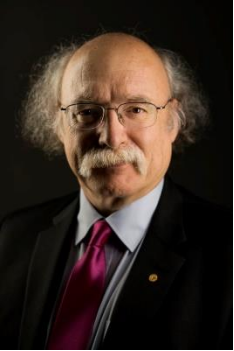
Densité de particules : $\rho_{2D} = \frac{1}{A_{maille}}$

On définit $A_{ZB} = \frac{(2\pi)^2}{A_{maille}}$

$$\langle \vec{J} \rangle = \rho_{2D} \langle \vec{v} \rangle = (\sigma) \vec{F}$$

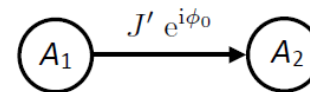
$C = \frac{1}{2\pi} \iint_{ZB} \Omega_q d^2q$ Nombre de Chern

Propriété mathématique : C est entier

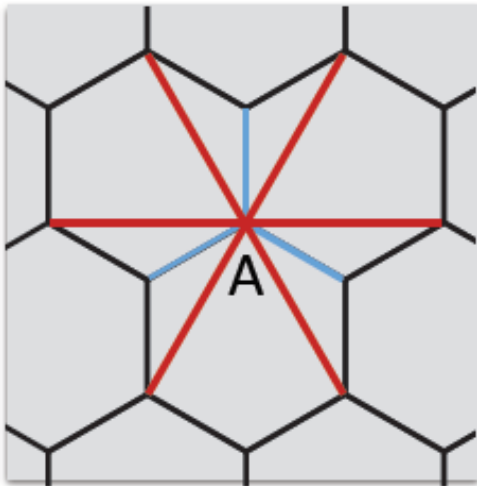


Modèle de Haldane

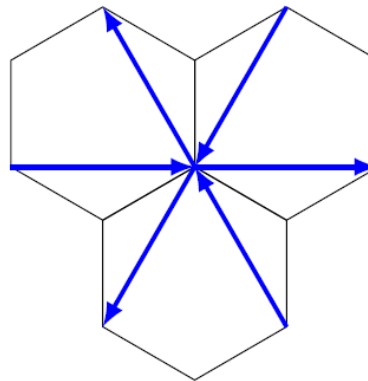
Choix des couplages aux seconds voisins



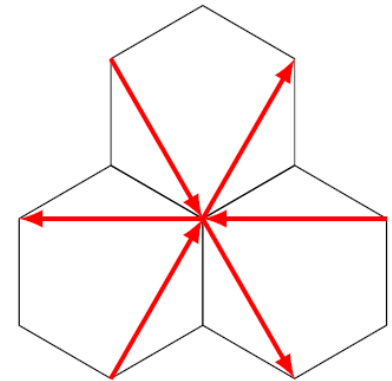
$$-J' (e^{+i\phi_0} |A_2\rangle \langle A_1| + e^{-i\phi_0} |A_1\rangle \langle A_2|)$$

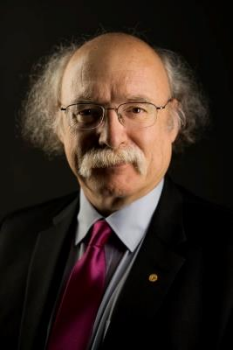


Couplage d'un site A à
ses six seconds voisins :
alternance de $e^{\pm i\phi_0}$

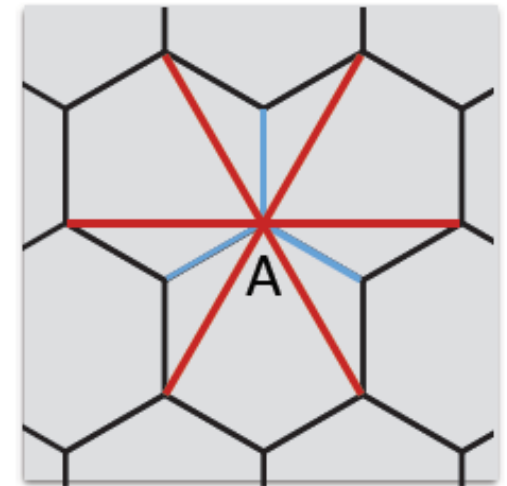


Couplage d'un site B à
ses six seconds voisins :
alternance de $e^{\pm i\phi_0}$





Modèle de Haldane



- Les énergies sur site $\hat{H}_{0,\mathbf{q}} = \begin{pmatrix} -\Delta & 0 \\ 0 & \Delta \end{pmatrix}$

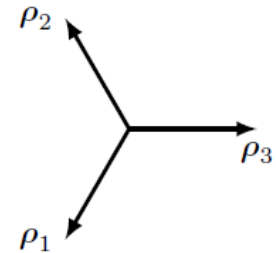
- Les trois couplages entre premiers voisins du graphène

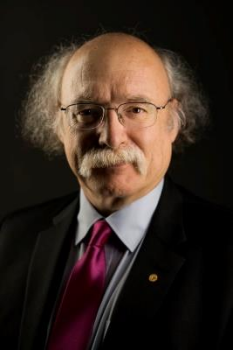
$$\hat{H}_{1,\mathbf{q}} = -J \begin{pmatrix} 0 & 1 + e^{-i\mathbf{q}\cdot\mathbf{a}_1} + e^{-i\mathbf{q}\cdot\mathbf{a}_2} \\ 1 + e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{a}_1} + e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{a}_2} & 0 \end{pmatrix}$$



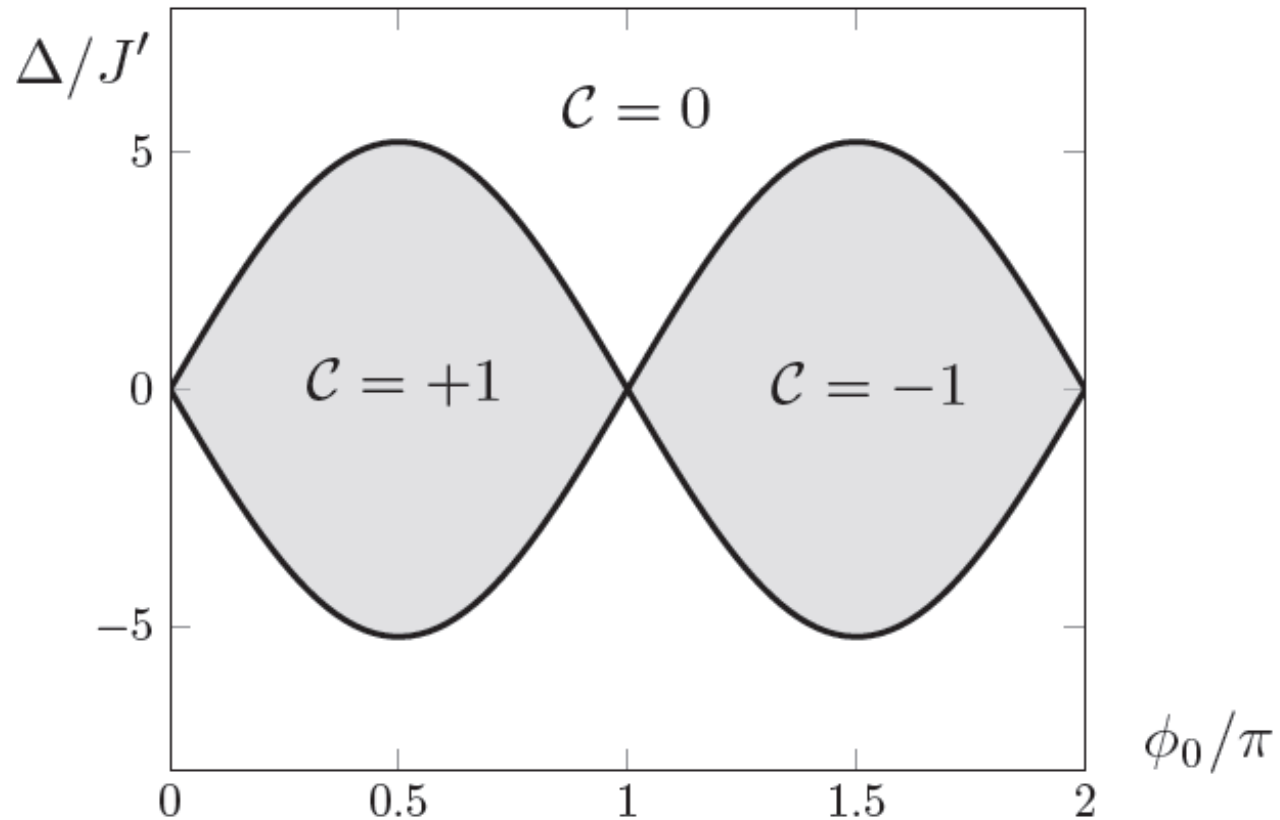
- Les six couplages additionnels entre seconds voisins $J' e^{\pm i\phi_0}$

$$\hat{H}_{2,\mathbf{q}} = -J' \begin{pmatrix} \sum_{\alpha=1}^3 2 \cos(\mathbf{q} \cdot \boldsymbol{\rho}_\alpha - \phi_0) & 0 \\ 0 & \sum_{\alpha=1}^3 2 \cos(\mathbf{q} \cdot \boldsymbol{\rho}_\alpha + \phi_0) \end{pmatrix}$$





Modèle de Haldane



Réalisation expérimentale : Atomes froids, Guides d'ondes photoniques couplés

Photonic Anomalous Quantum Hall Effect

Sunil Mittal,^{1,2,*} Venkata Vikram Orre,^{1,2} Daniel Leykam,³ Y. D. Chong,^{4,5} and Mohammad Hafezi^{1,2,6}

¹*Joint Quantum Institute, NIST/University of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA*

²*Department of Electrical and Computer Engineering, and IREAP, University of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA*

³*Center for Theoretical Physics of Complex Systems, Institute for Basic Science (IBS), Daejeon 34126, Republic of Korea*

⁴*Division of Physics and Applied Physics, School of Physical and Mathematical Sciences, Nanyang Technological University, Singapore 637371, Singapore*

⁵*Centre for Disruptive Photonic Technologies, Nanyang Technological University, Singapore 637371, Singapore*

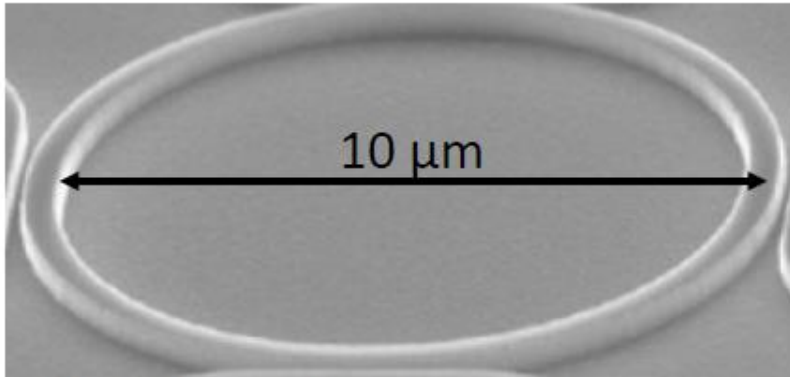
⁶*Department of Physics, University of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA*



(Received 1 April 2019; published 23 July 2019)

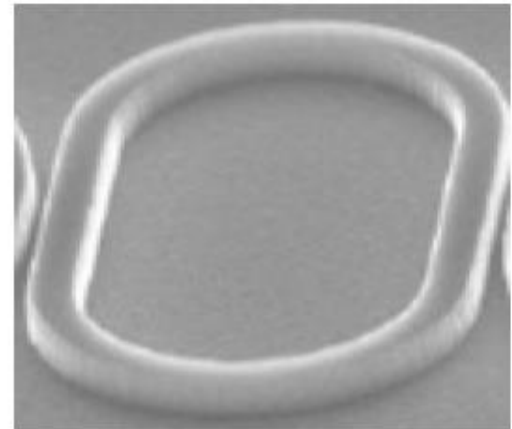
Réseaux photonique à partir de guide d'ondes en Silicium

1 site du réseau

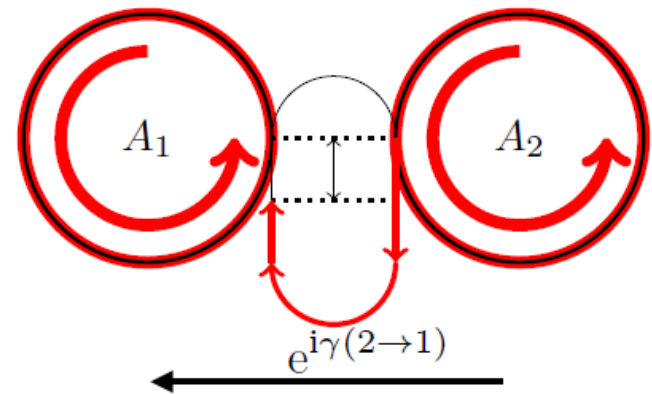
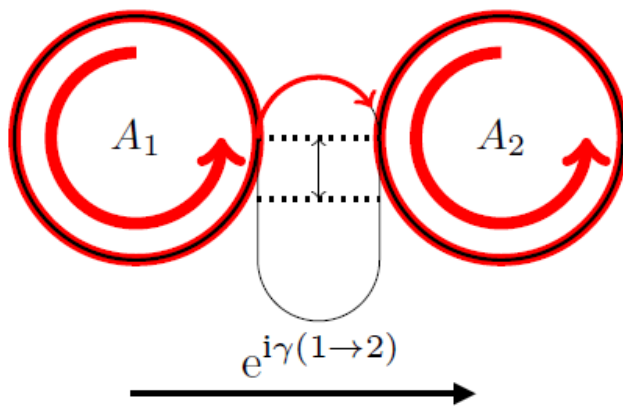


BANDRES et al, Science 2018

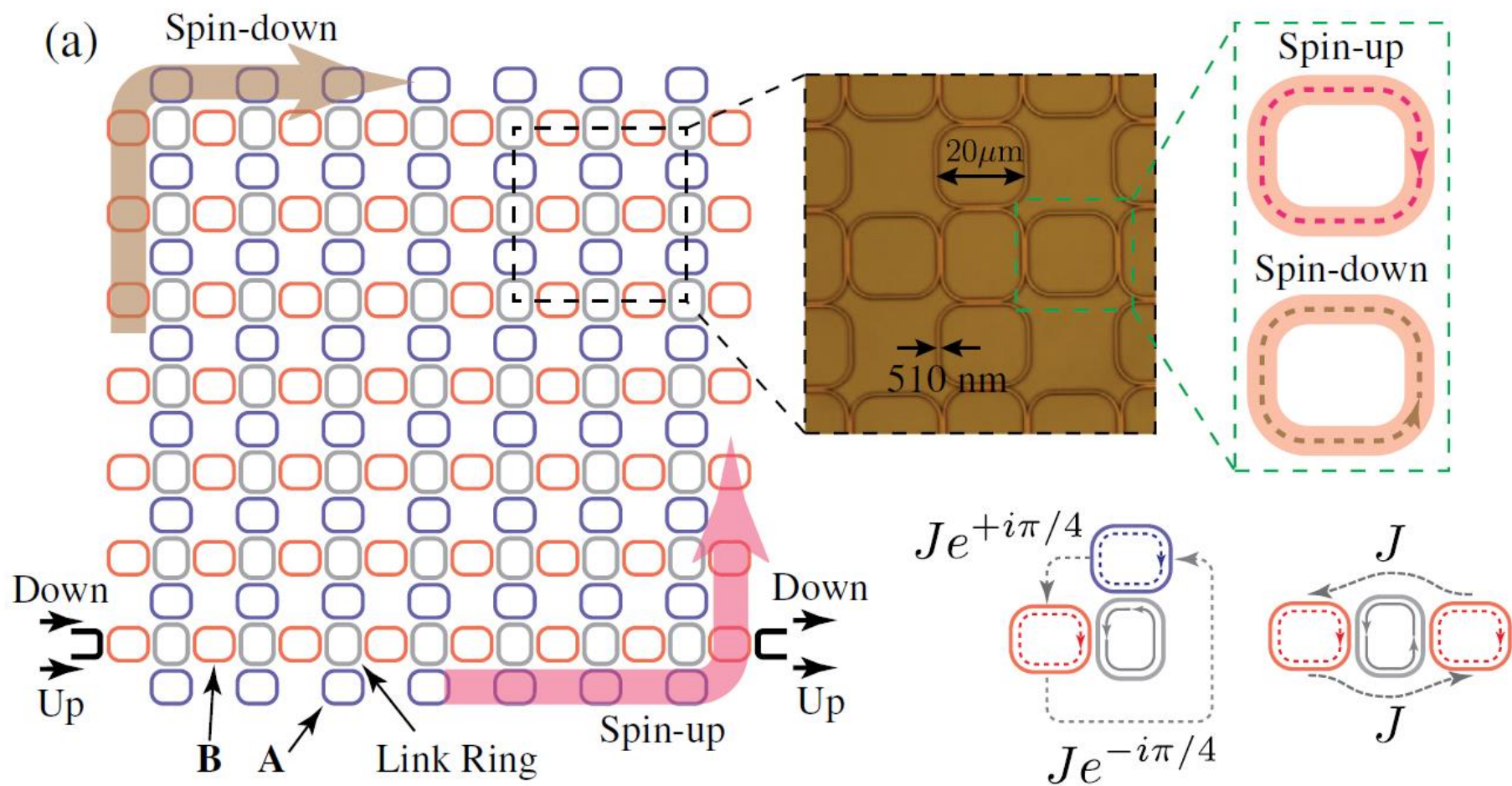
1 lien

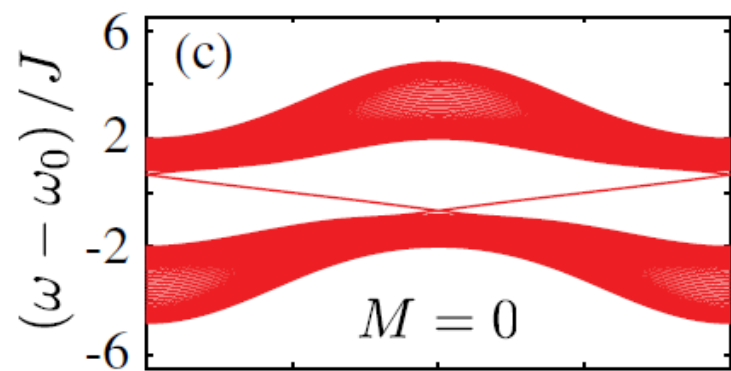


Réseaux photonique à partir de guide d'ondes en Silicium

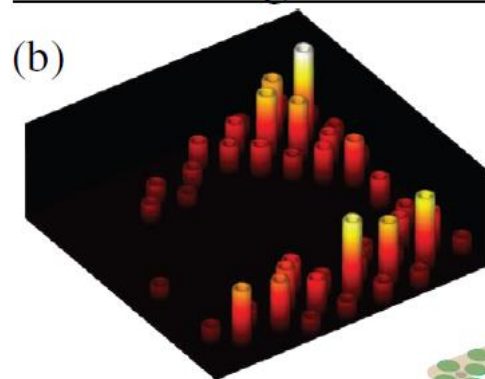


$$\gamma(2 \rightarrow 1) = -\gamma(1 \rightarrow 2)$$





Edge



Bulk

