

L'électricité quantique

B. Reulet

CRC – Quantum microwave radiation
CERC Laureate – Quantum Signal Processing

The group: 1 MSc, 4 PhD, 2 postdocs, 6 interns/year, 2 research assistants, 1 technician

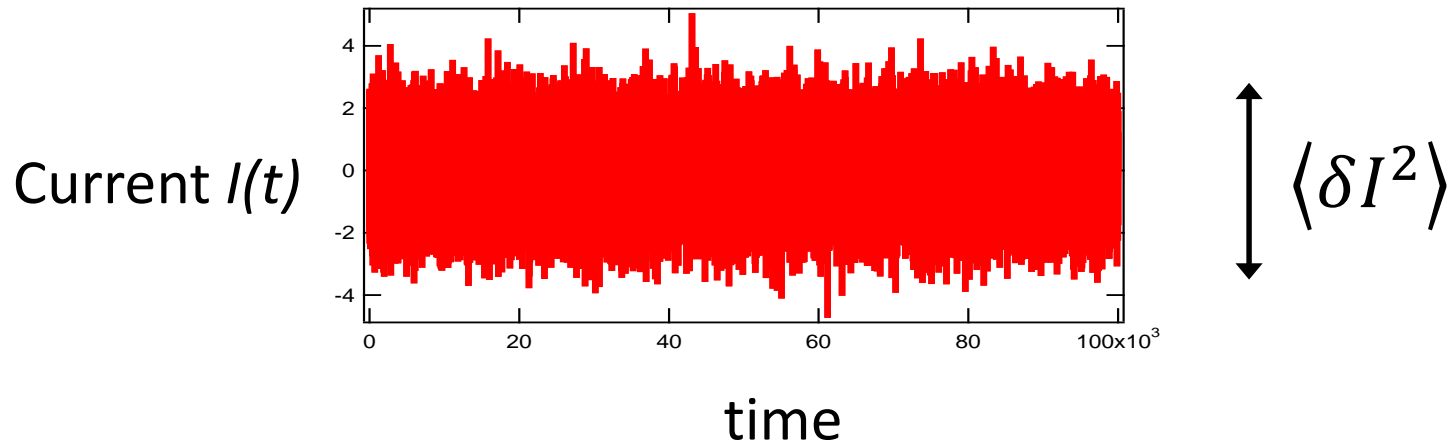
Collaborations: Canada (Sherbrooke, McGill, Polytechnique), France (Orsay, TOUlouse), USA, Germany, Switzerland, Poland, Serbia

Lab: Ultra-low temperature (3 dilution refrigerators), microwave electronics up to 40 GHz (sources, VNA, spectrum analyzer, oscilloscope)

Quantum electricity ?

- Mesoscopic electronics: from classical to quantum
As miniaturization goes on, the laws of Nature change
- What are the quantum laws of electricity ?
We want to build quantum components, what are the rules ?
- In particular, what about:
 - 1) Dynamics ?
 - 2) Fluctuations ?

Noise is an absolute thermometer



$$\langle \delta I^2 \rangle = 4 k_B T / R$$

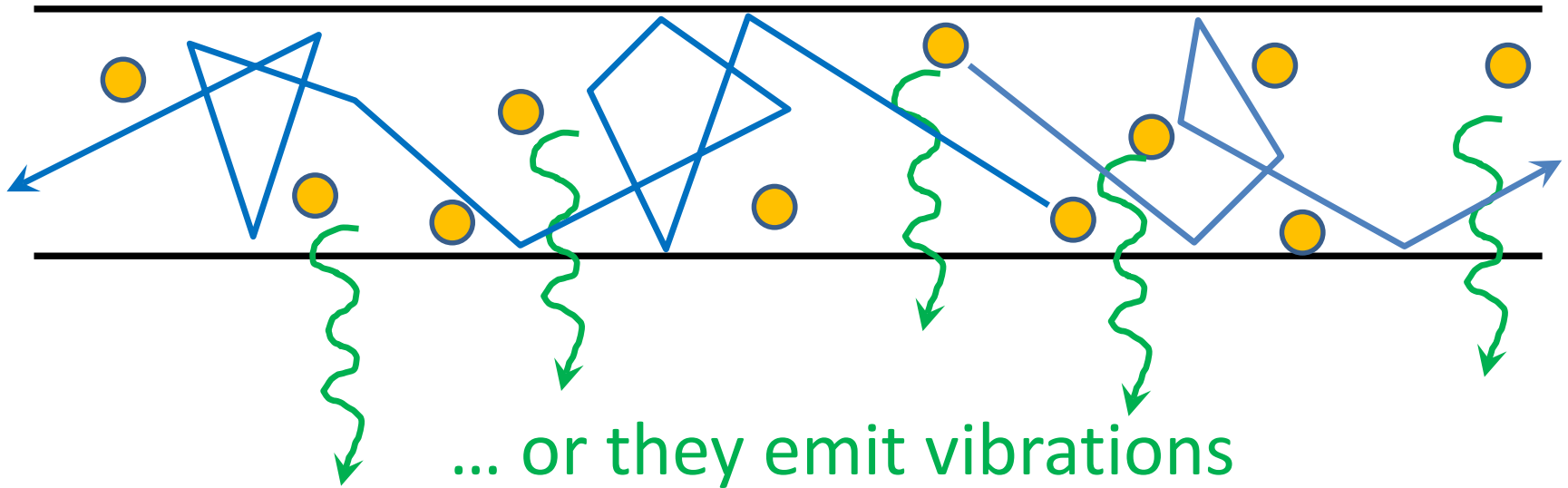
Boltzmann's constant
 $1.38064852 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$

Electrical resistance
(measured with an ohm-meter)

Temperature

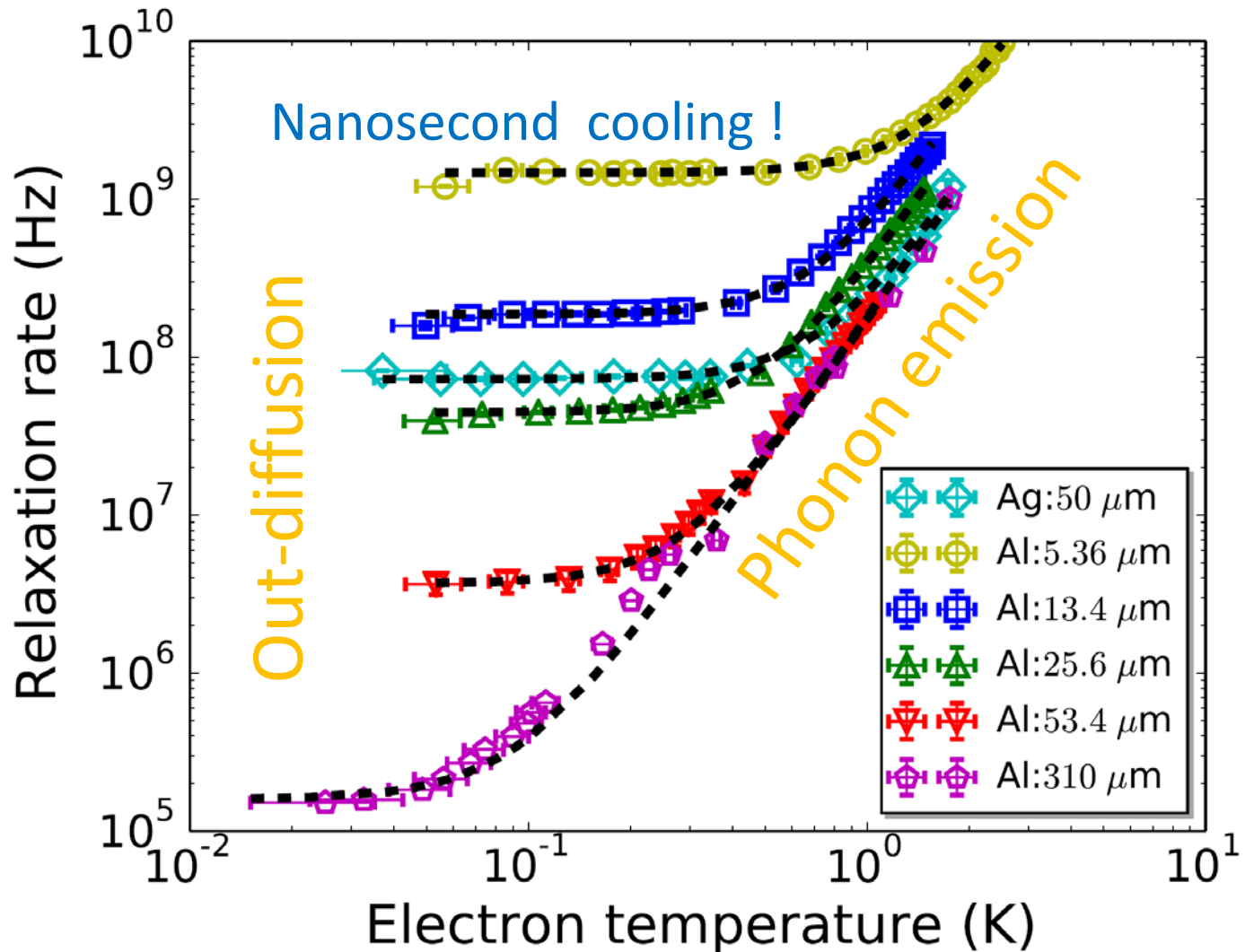
What is the energy relaxation time of electrons in a conductor ?
How do electrons loose their energy ?

Hot electrons escape...

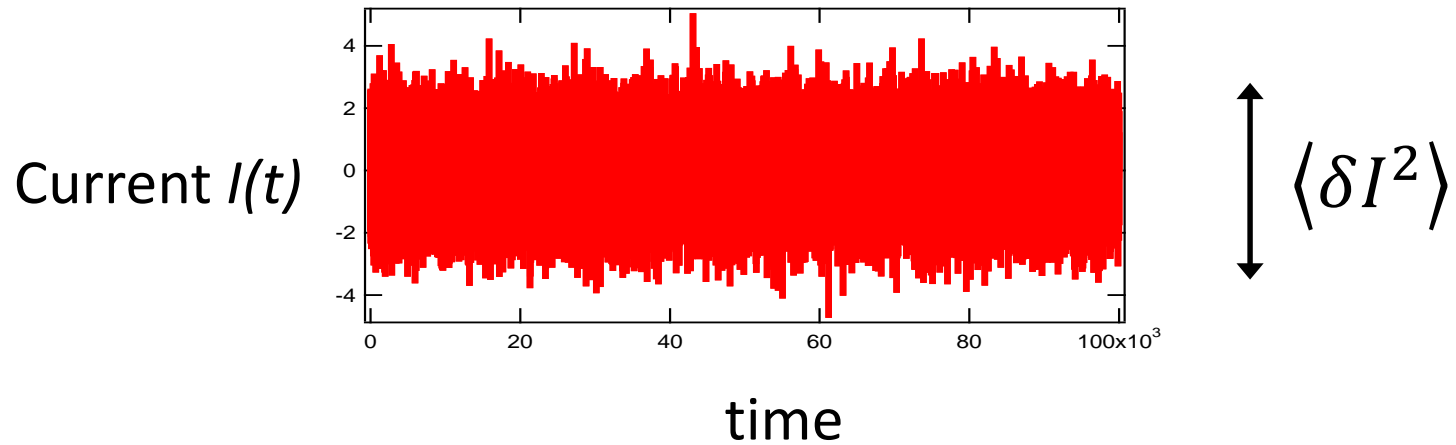


... or they emit vibrations
(phonons) in the solid

Energy relaxation rate vs. temperature



Noise in terms of photons ?



$$\text{Power} = R \langle \delta I^2 \rangle B = \left(n + \frac{1}{2} \right) h f$$

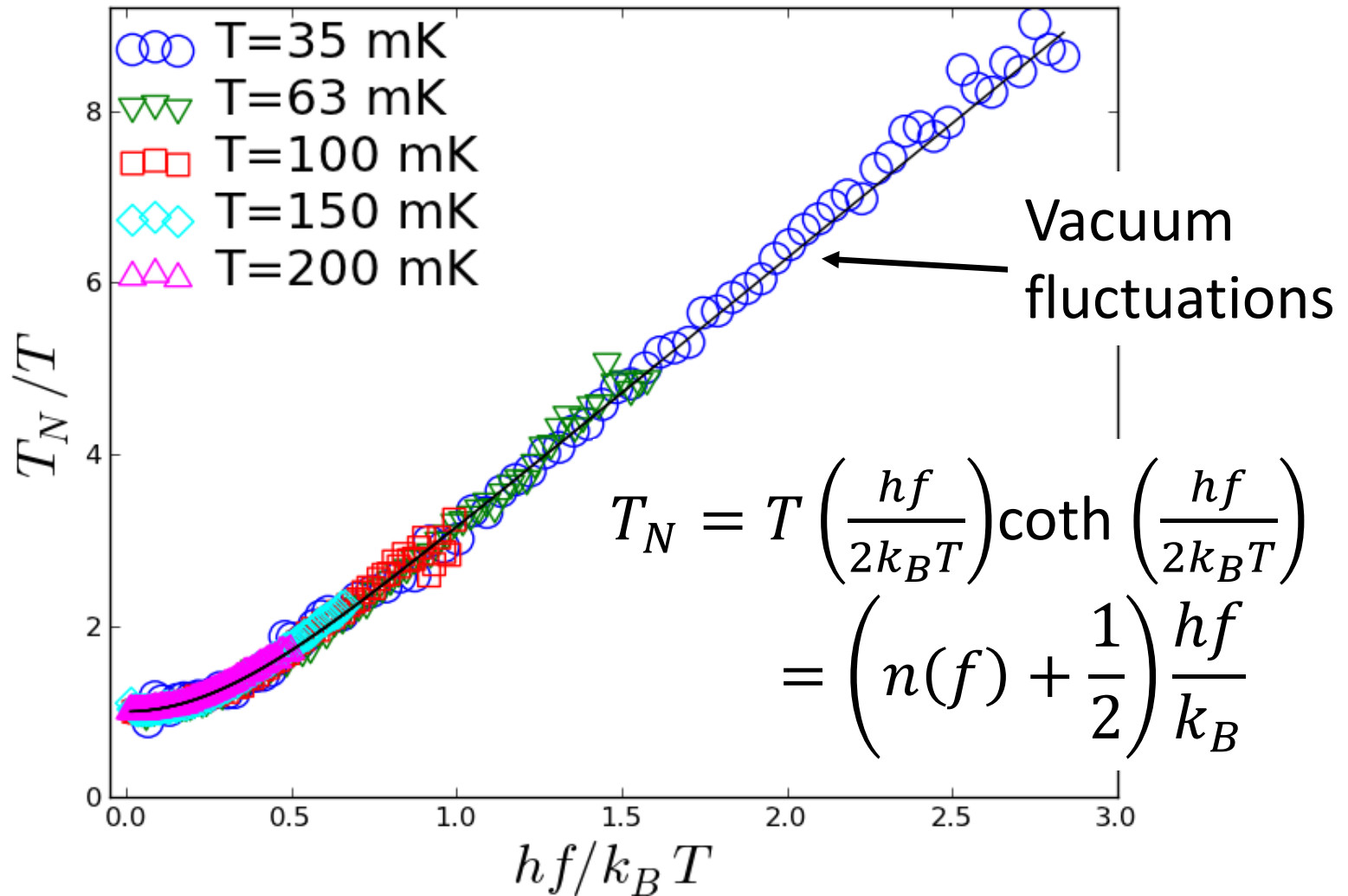
Detection bandwidth

Vacuum fluctuations

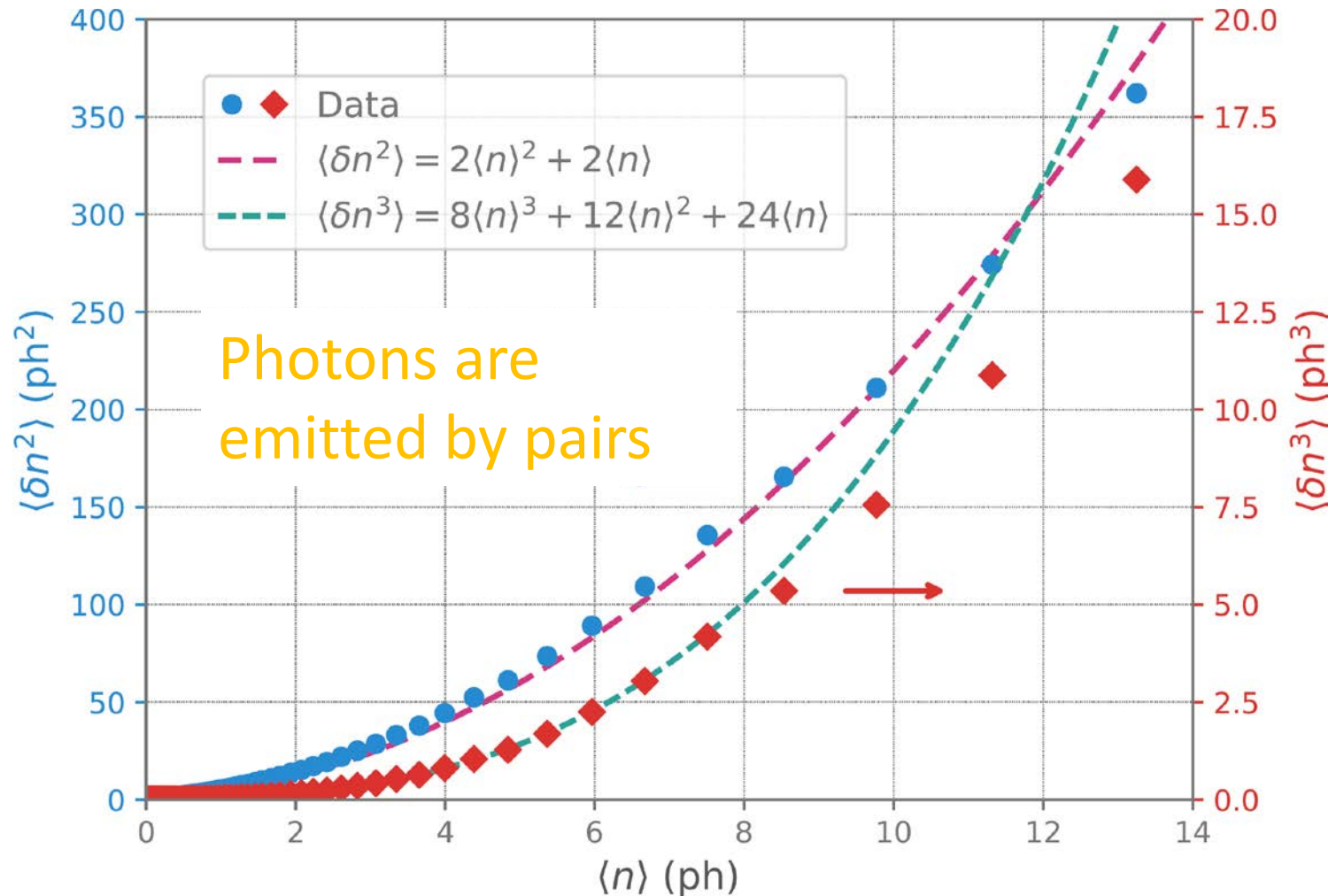
Number of photons

Noise = average photon number

Equilibrium noise = 1D Plank's law



Photon statistics of the radiation emitted by a Josephson Junction?



J.-O. Simoneau, S. Virally (2018)

Quelques projets

Sur l'électricité quantique:

- Qu'est-ce qu'un photon localisé dans le temps ? (coll. D. Seletskiy, Poly)
- Peut-on mesurer la statistique de photons large bande avec un oscilloscope ?
- Quelles sont les corrélations temporelles entre électrons qui traversent un échantillon ? (coll. W. Belzig, U. Konstanz, Allemagne)
- Quelle est la statistique des paires de Cooper dans une jonction NS ?

Sur les propriétés dynamiques:

- Quelle est la dynamique de l'effet de proximité d'un supraconducteur dans un métal normal ? (coll. M. Aprili, CNRS Orsay, France)
- Mesure de l'effet Hall Quantique Fractionnaire par des méthodes dynamiques (coll. R. Côté, UdeS; G. Gervais, McGill)

Sur les fluctuations:

- Quel est l'effet de la thermoélectricité sur le bruit électronique ? (coll. A.-M. Tremblay, UdeS; T. Szkopek, McGill)
- Quel est l'effet des fluctuations dans un réseau de neurones ? (coll. J. Rouat, dept. Génie Electrique, UdeS)