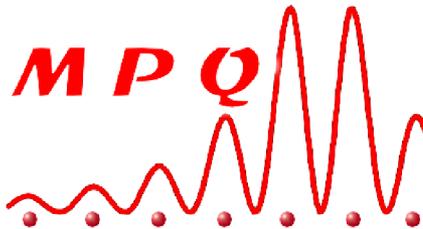


Etude de la transition magnéto-structurale de $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ par spectroscopie Raman

Ludivine Chauvière¹, Yann Gallais¹, Alain Sacuto¹, Maximilien Cazayous¹, Marie-Aude Méasson¹, Dorothée Colson², Anne Forget²

¹ *Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, CNRS, Université Paris Diderot (Paris, France)*

² *Service de Physique de l'Etat Condensé, DSM/DRECAM/SPEC, CEA Saclay (Gif-sur-Yvette, France)*



1) Présentation des pnictides :

- Définition et exemples
- Structure du $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$
- Diagramme de phase du $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$

2) Spectroscopie Raman :

- Principe et dispositif expérimental
- Spectre typique du $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$

3) Résultats expérimentaux :

- Dédoublément du phonon E_g à la transition magnéto-structurale
- Dépendance en température et en dopage
- Couplage fort spin-phonon

1) Présentation des pnictides:

Composés supraconducteurs :

- haute T_c
- couches **Fer - Arsenic**
- **ordre magnétique** à dopage nul
- **ordre supraconducteur** en dopant

Exemples :

famille 1111

famille 122

autres familles

LnOMtPn

**famille
1111**

1	2											3	4	5	6	7	8	9	10
H	He											B	C	N	O	F	Ne		
3	4											5	6	7	8	9	10		
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne		
Lithium	Béryllium											Bore	Carbone	Azote	Oxygène	Fluor	Néon		
11	12											13	14	15	16	17	18		
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
Sodium	Magnésium											Aluminium	Silicium	Phosphore	Soufre	Chlore	Argon		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Potassium	Calcium	Scandium	Titane	Vanadium	Chrome	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Sélénium	Brome	Krypton		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirconium	Niobium	Molybdène	Technétium	Ruthénium	Rhodium	Palladium	Argent	Cadmium	Indium	Etain	Antimoine	Tellure	Iode	Xénon		
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Césium	Baryum		Hafnium	Tantale	Tungstène	Rhénium	Osmium	Iridium	Platine	Or	Mercure	Thallium	Plomb	Bismuth	Polonium	Astate	Radon		
87	88	89-103																	
Fr	Ra																		
Francium	Radium																		

**métal de transition
(Mn, Fe, Co, Ni)**

**pnictogen
(P, As)**

oxygène

lanthanide

(La, Pr, Ce, Sm)

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Lanthane	Cérium	Praséodyme	Néodyme	Prométhium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dyprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutétium
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw
Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Américium	Curium	Berkélium	Californium	Einsteinium	Fermium	Mendélévium	Nobélium	Lawrencium

1)

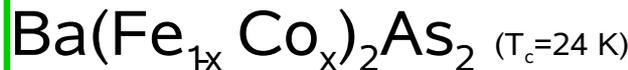


Ca_{1-x}Nd_xFeAsF (T_c=56 K) FeSe_{1-x}Te_x (T_c=15 K) Ca_{1-x}Na_xFe₂As₂ (T_c=26 K)
 Sr_{1-x}Sm_xFeAsF (T_c=56 K) Tb_{1-x}Ca_xOFeAs (T_c=15,6 K)
 CaFe_{1-x}Co_xAsF (T_c=22 K) PrO_{1-x}F_xFeAs (T_c=52 K)
 GdFeAsO_{1-δ} (T_c=53,5 K) NdO_{1-x}F_xFeAs (T_c=52 K)
 CeO_{1-x}F_xFeAs (T_c=41 K) SmO_{1-x}F_xFeAs (T_c=43 K)

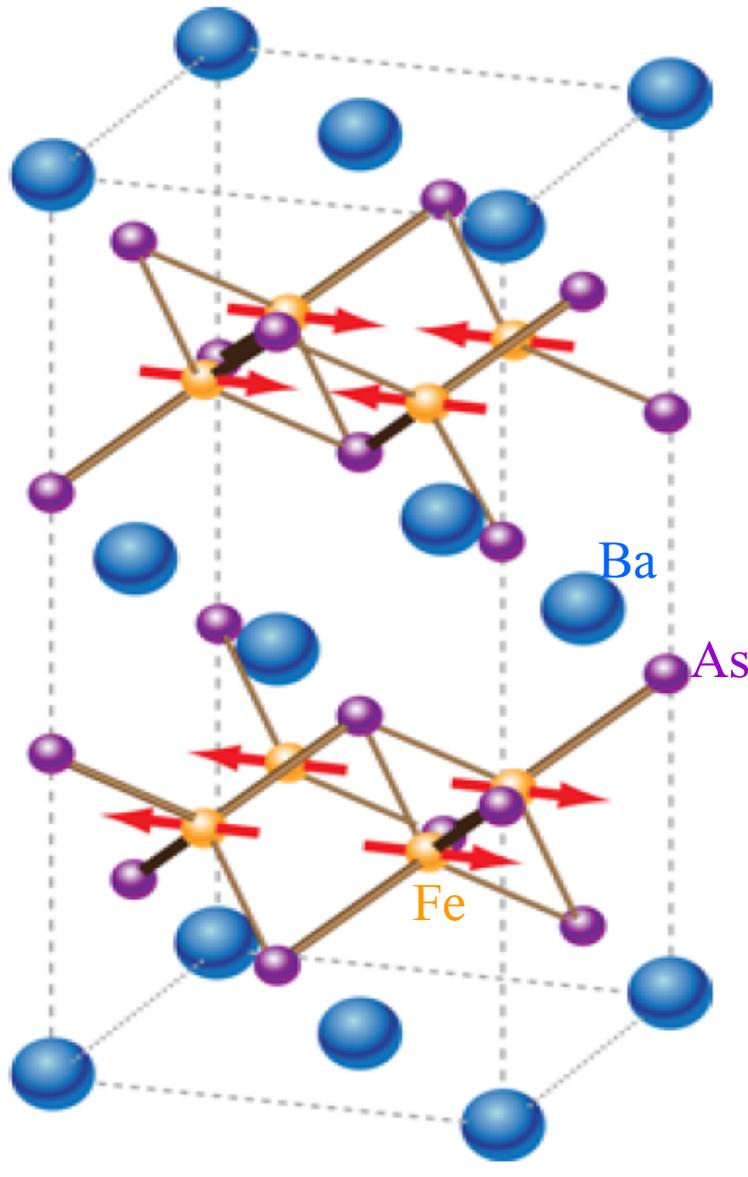
famille 1111

famille 122

autres familles



1) Présentation des pnictides:



Structure

tétragonale ($a=b$)
non magnétique

haute T

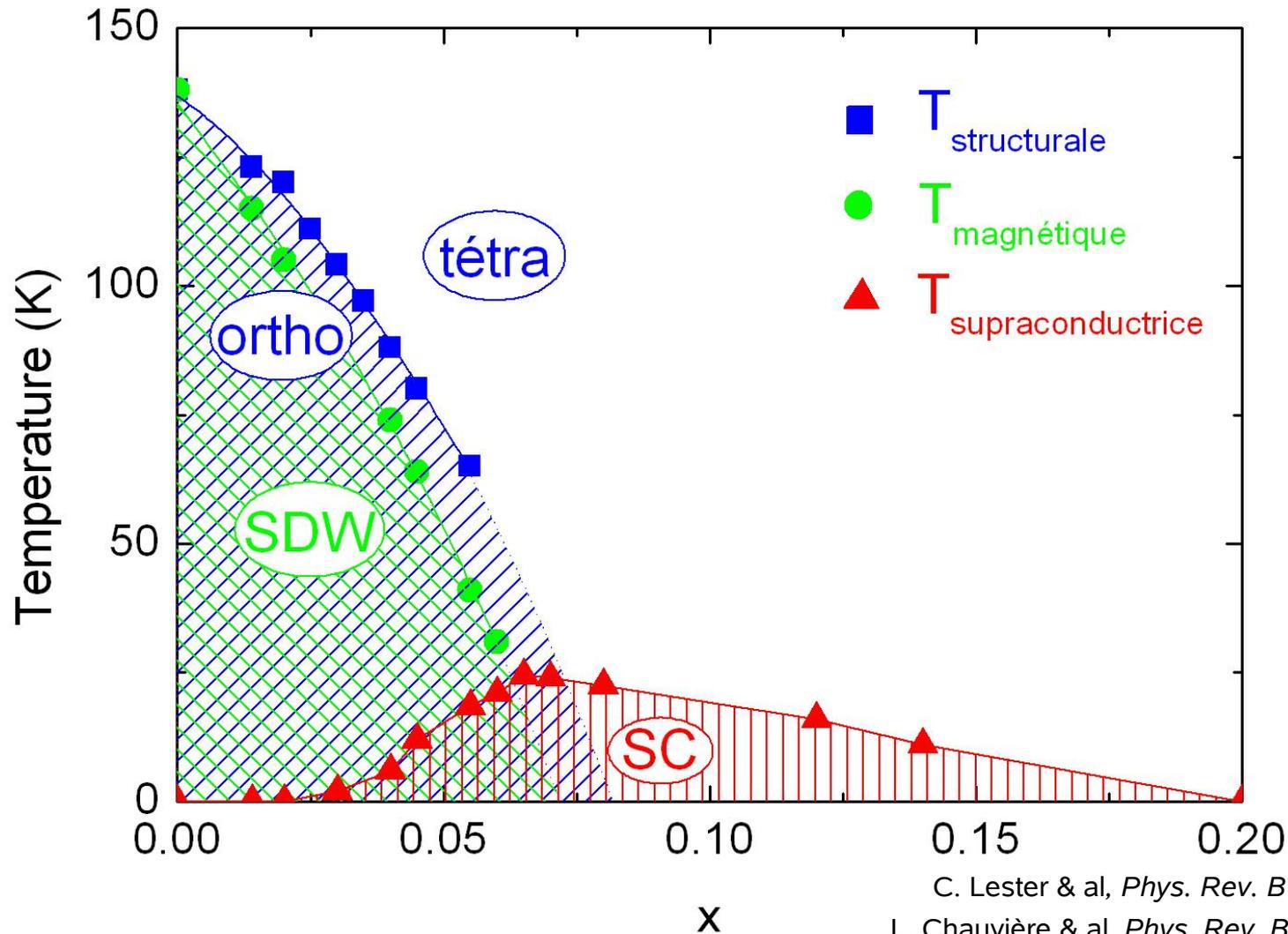


basse T

orthorhombique ($a \neq b$)
onde de densité de spin

1) Présentation des pnictides:

Diagramme de phase du $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$



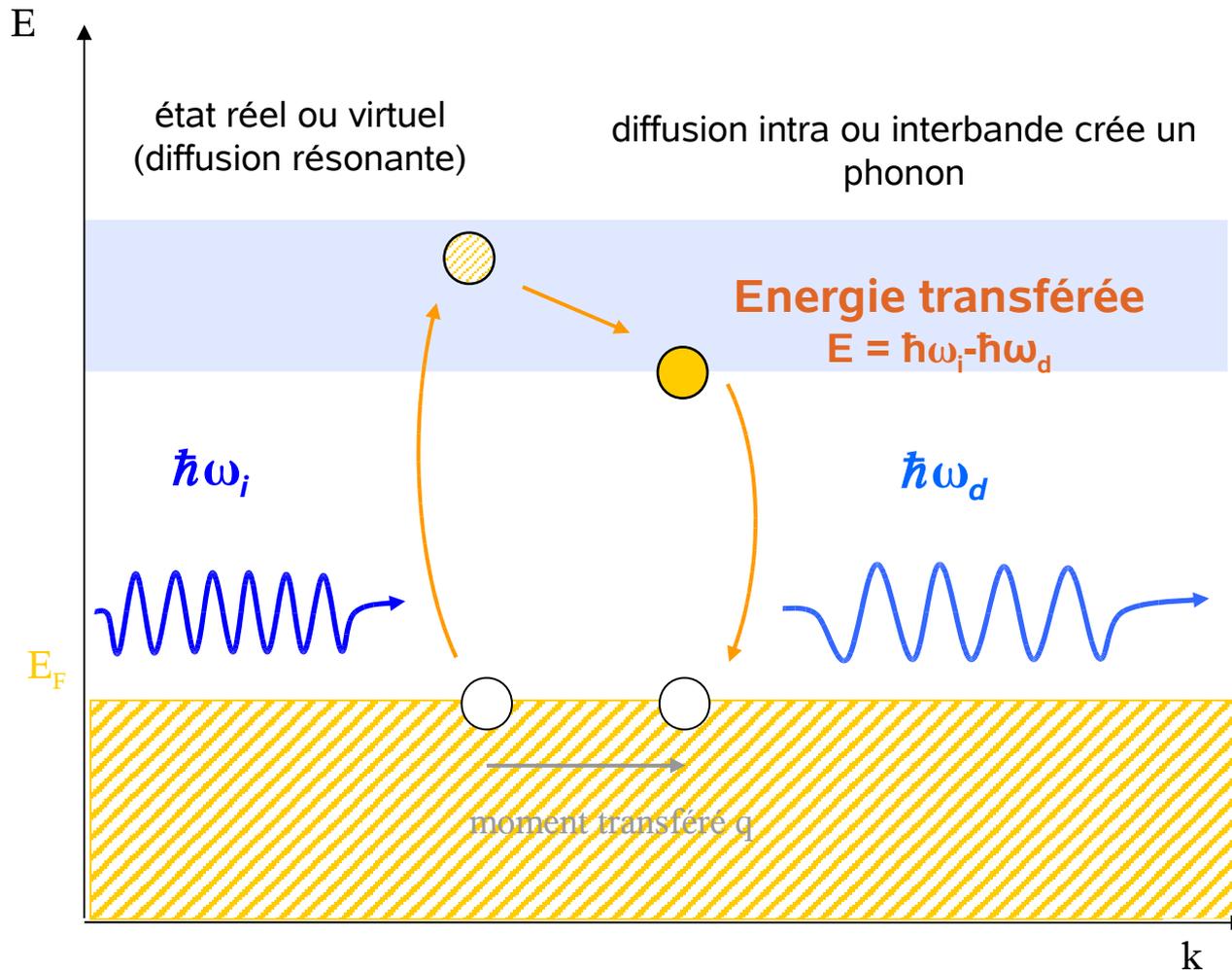
C. Lester & al, *Phys. Rev. B* **79**, 144523 (2009)

L. Chauvière & al, *Phys. Rev. B* **80**, 094504 (2009)

F. Rullier-Albenque & al, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 057001 (2009)

2) Spectroscopie Raman :

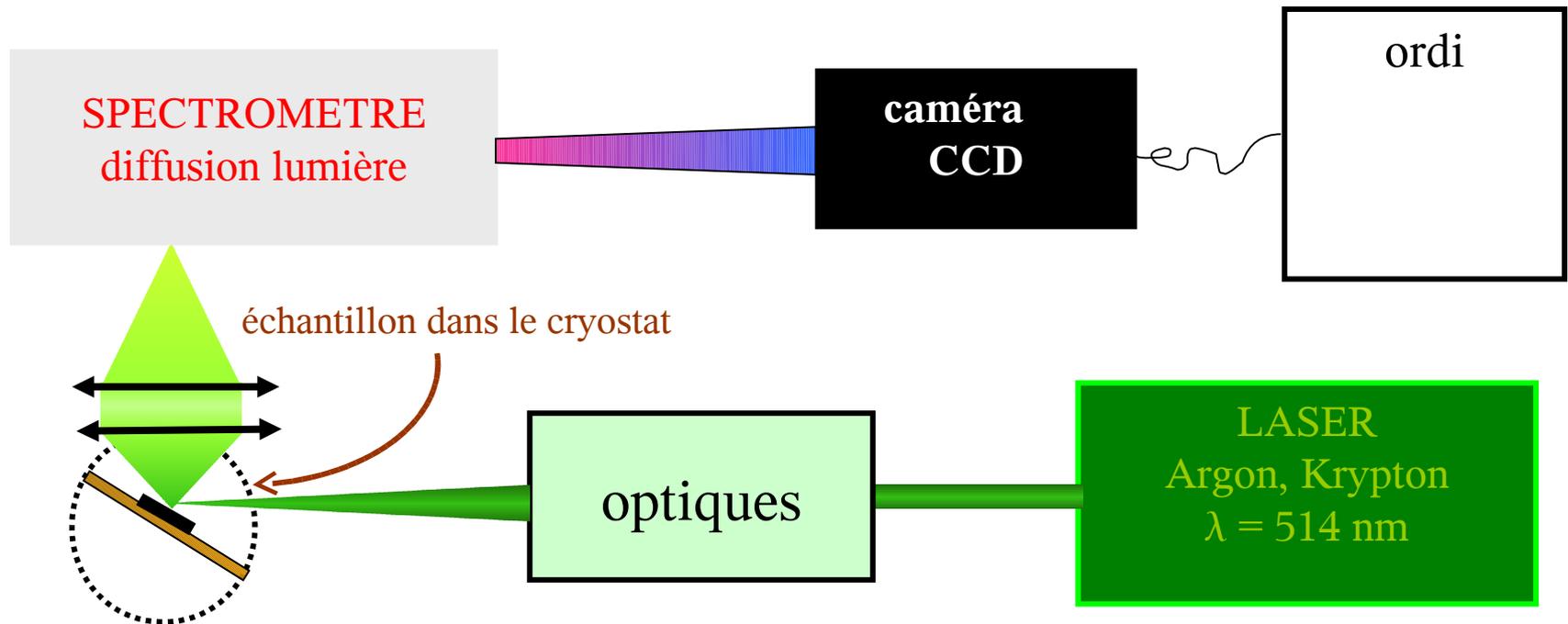
Diffusion inélastique de la lumière



suivant la polarisation incidente, on excite différents modes de vibration

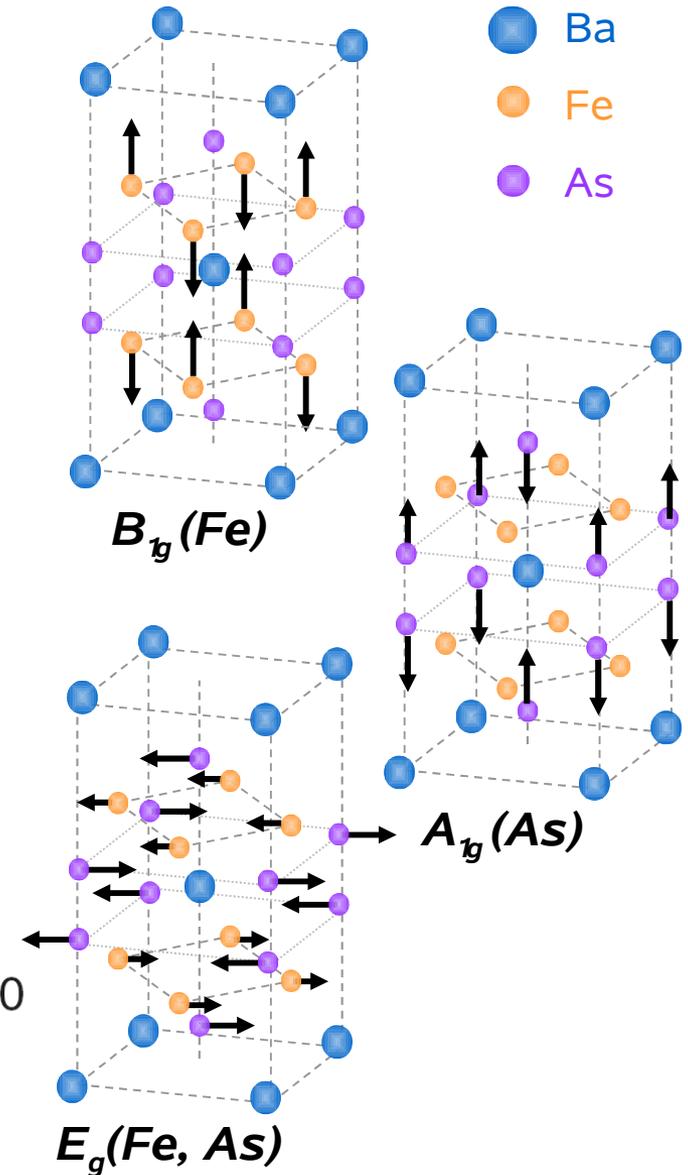
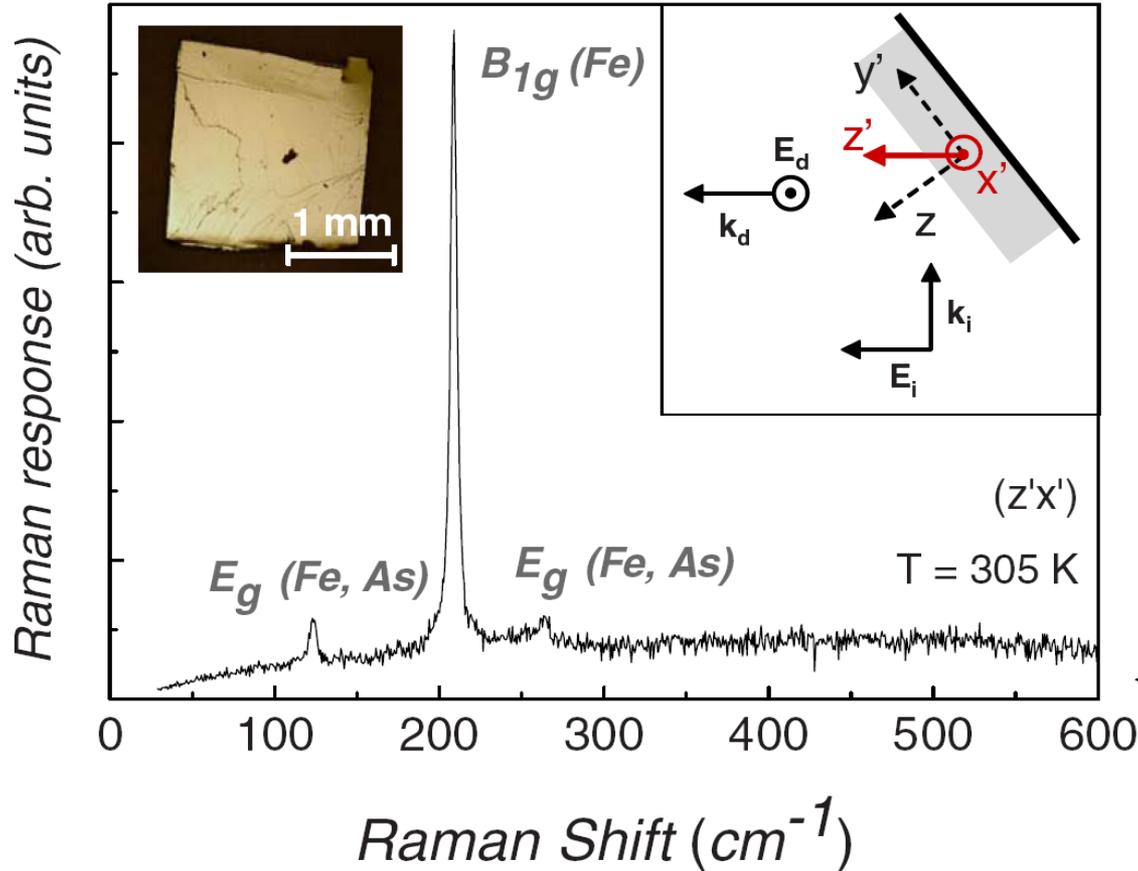
2) Spectroscopie Raman :

Dispositif expérimental



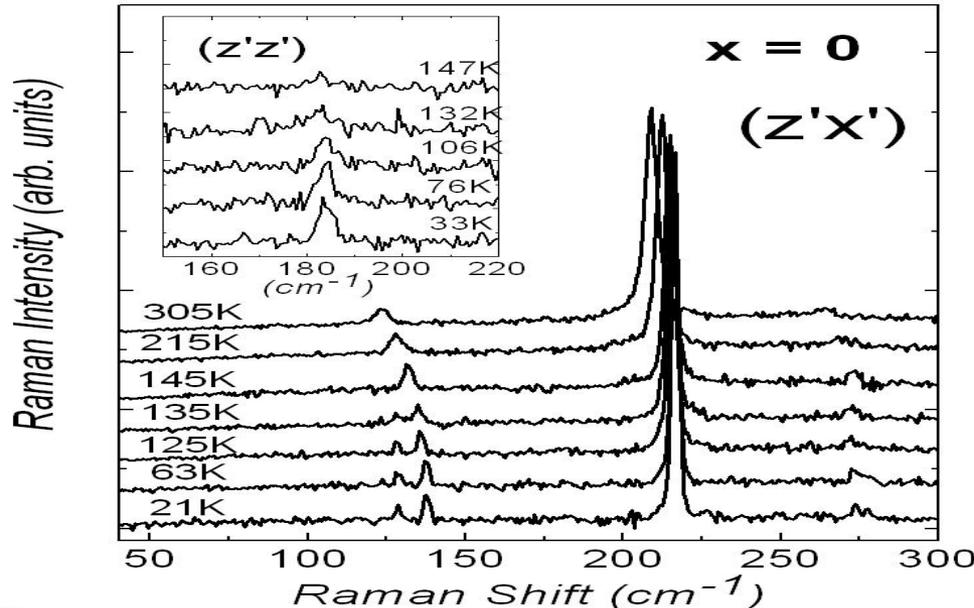
2) Spectroscopie Raman :

Spectre typique du
 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$, $x = 0$

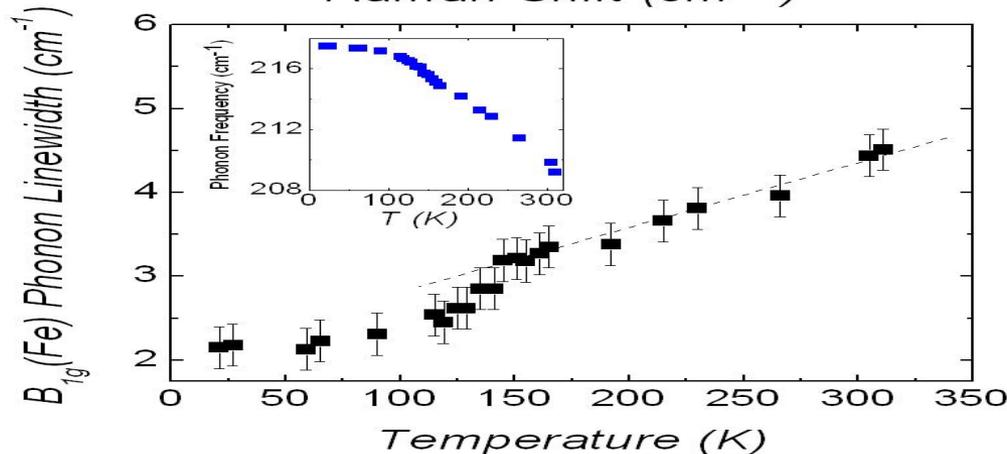
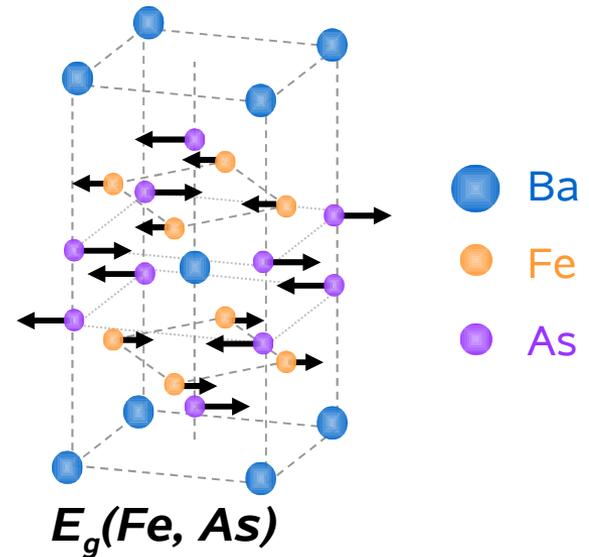


3) Résultats expérimentaux

Dépendance en température du composé non dopé
 BaFe_2As_2

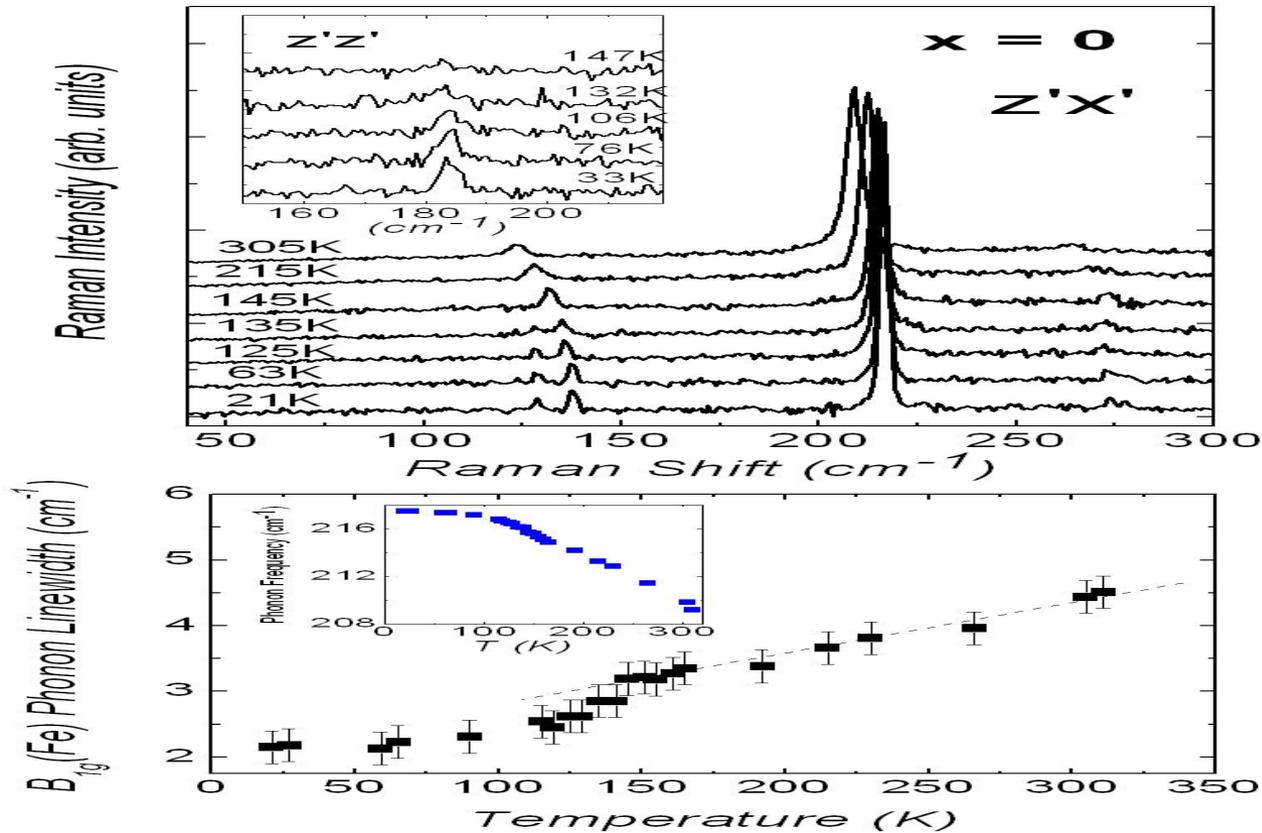


$$\omega^2 \sim \frac{1}{l^3}$$



3) Résultats expérimentaux

Fréquence et largeur des phonons
pour le B_{1g} (Fe) dans $BaFe_2As_2$



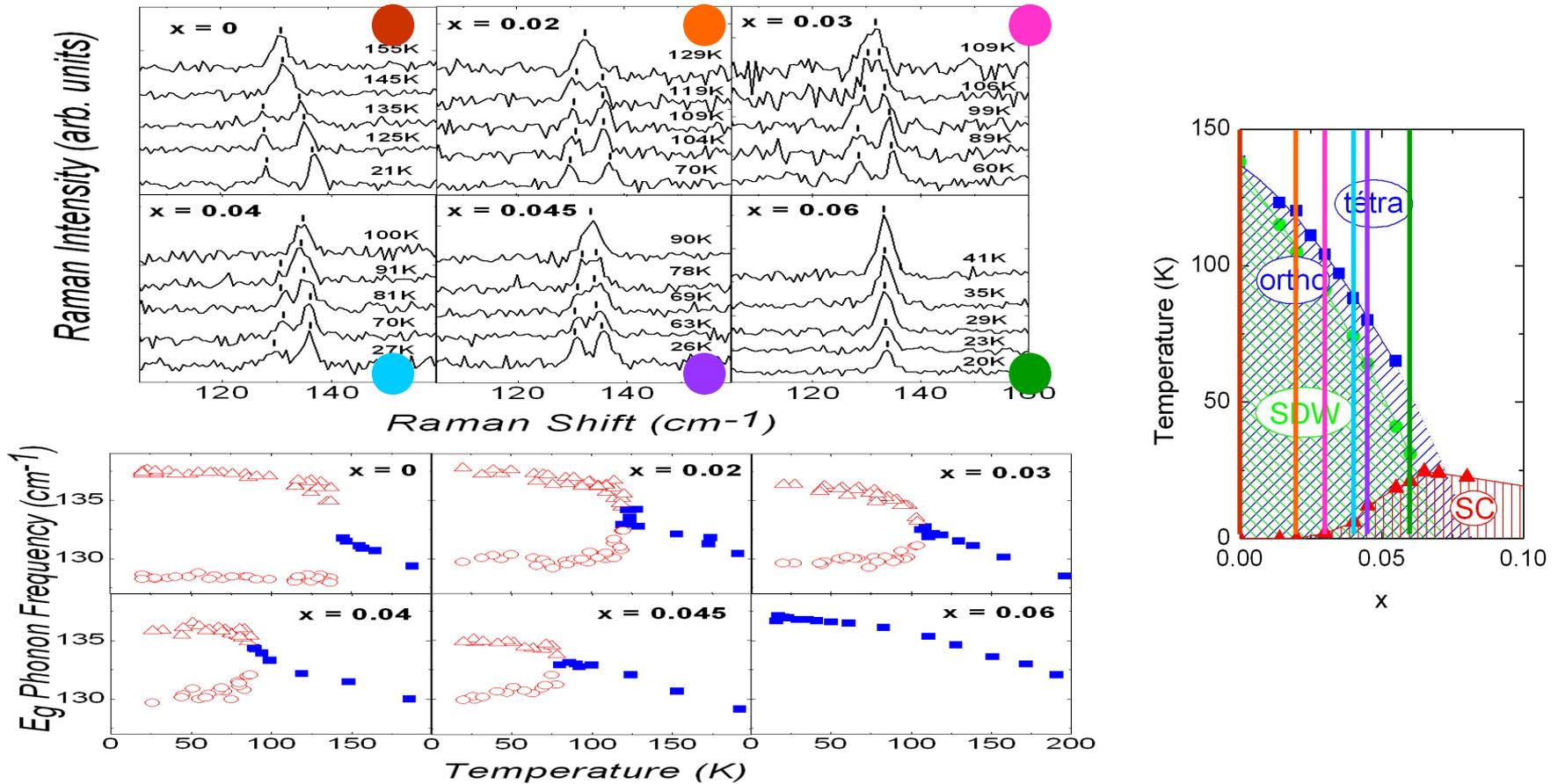
Anomalie dans la largeur du phonon B_{1g} (Fe)



Ouverture gap dû à la formation de l'onde de densité de spin

3) Résultats expérimentaux

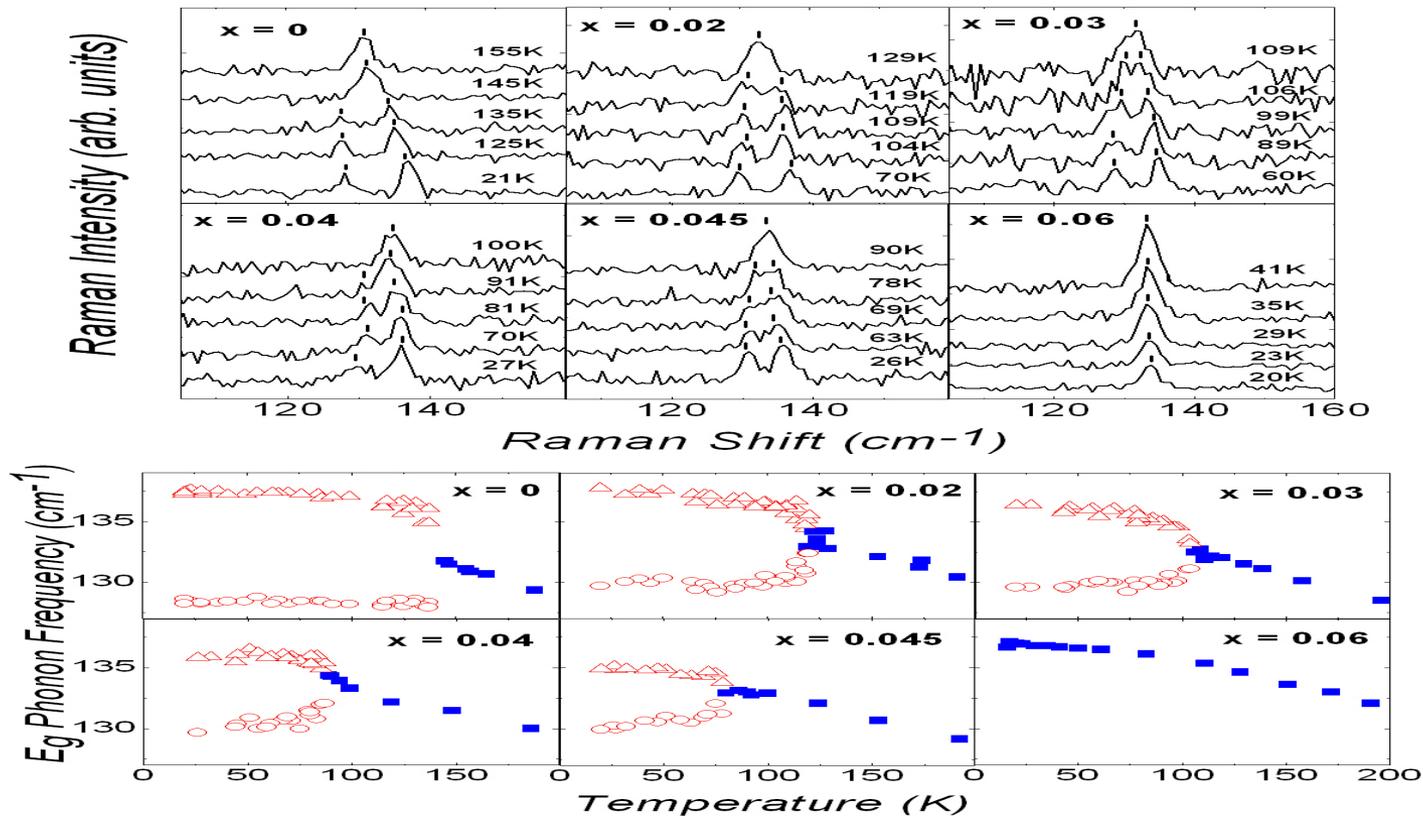
Dépendance en température pour différents dopages
(zoom sur le phonon E_g)



Large dédoublement du phonon E_g \longleftrightarrow Transition structurale

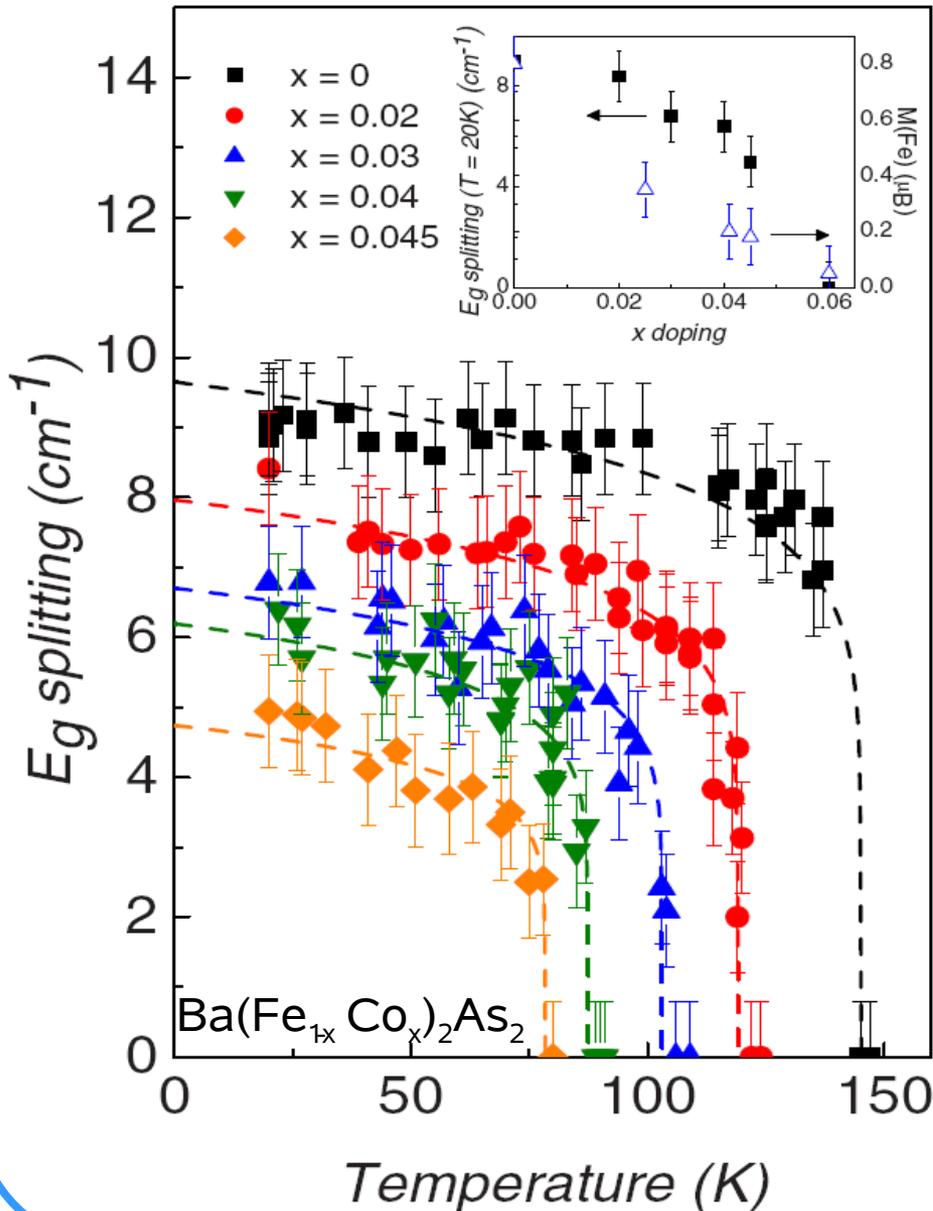
3) Résultats expérimentaux

Fréquence et largeur des phonons pour le $E_g(\text{Fe}, \text{As})$ dans $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$



- ➔ Dédoublé du phonon $E_g(\text{Fe}, \text{As})$ à la transition structurale
- ➔ Amplitude du dédoublement du $E_g(\text{Fe}, \text{As})$ ↘ avec le dopage

3) Résultats expérimentaux



Dédoublément du
 phonon $E_g(\text{Fe}, \text{As})$ -
 en température -
 en dopage

Paramètre d'ordre ($\beta=0.125$)

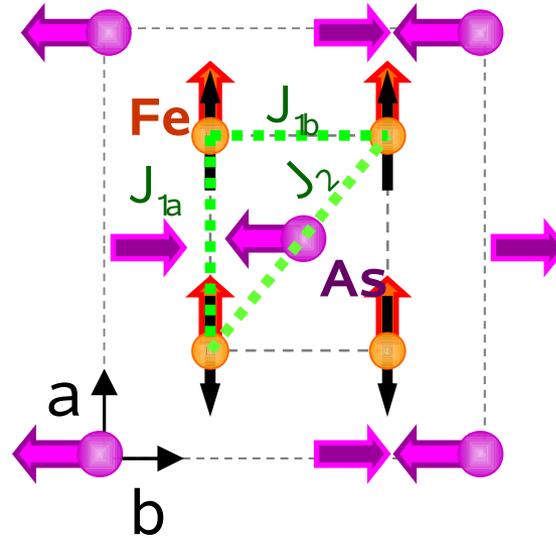
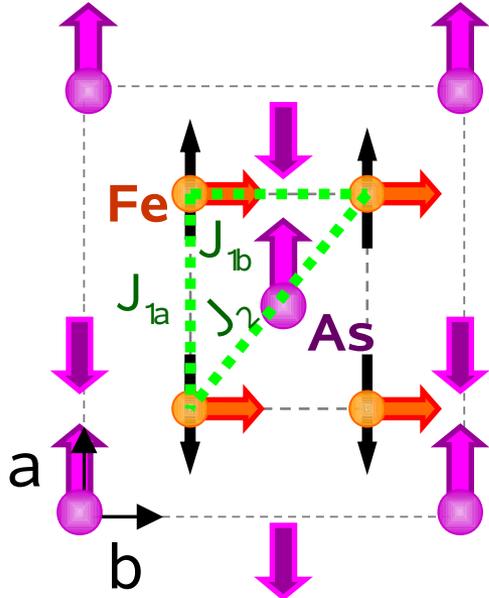
$$\frac{\Delta\omega(T)}{\Delta\omega(T=0)} = \left(1 - \frac{T}{T_s}\right)^\beta$$

Comparaison avec moment
magnétique

$$(1 \text{ meV} \leftrightarrow 8 \text{ cm}^{-1} \leftrightarrow 12 \text{ K})$$

3) Résultats expérimentaux

Interprétation

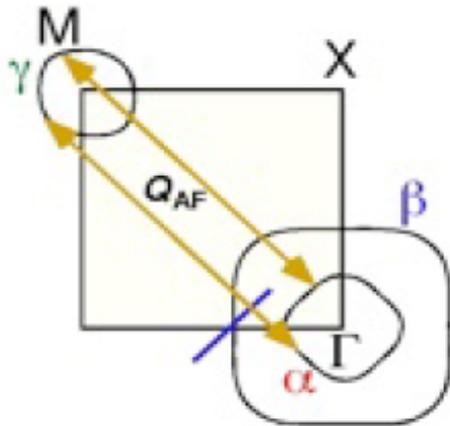


Magnétisme localisé

frustration
magnétique

Magnétisme itinérant

propriété de nesting de la
surface de Fermi



Conclusions

Spectroscopie Raman du composé $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$

À la transition structurale

- ↪ Large dédoublement du phonon $E_g(\text{Fe}, \text{As})$ qui ↘ avec le dopage
- ↪ Anomalie du phonon $A_{1g}(\text{As})$
- ↪ Anomalie dans la largeur du phonon $B_{1g}(\text{Fe})$

Couplage fort spin-phonon – Vers un régime intermédiaire du magnétisme

Perspectives

- observer la supraconductivité
- comparer avec les composés de la même famille