

Supplementary information for

Magnetic anisotropy engineering in onion-structured metal oxide nanoparticles combining dual exchanged coupling and proximity effect

Kevin Sartori,^{1,2} Raul Lopez-Martin,³ Fadi Choueikani,² Alexandre Gloter,⁴ Jean-Marc Grenèche,⁵ Sylvie Begin-Colin,¹ Dario Taverna,⁶ Jose A. De Toro,³ Benoit P. Pichon*,^{1,7}

¹ Université de Strasbourg, CNRS, Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, UMR 7504, F-67000 Strasbourg, France

² Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, Saint Aubin – BP48, 91192 Gif-sur-Yvette, France

³ Instituto Regional de Investigación Científica Aplicada (IRICA) and Departamento de Física Aplicada, Universidad de Castilla-La Mancha, 13071 Ciudad Real, Spain

⁴ Laboratoire de Physique des Solides, CNRS, Université Paris-Saclay, 91400 Orsay, France

⁵ Institut des Molécules et Matériaux du Mans, IMMM, UMR CNRS-6283 Université du Maine, avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 9, France

⁶ Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie, IMPMC UMR CNRS ???, Sorbonne Université, 75005 Paris, France

⁷ Institut Universitaire de France, 1 rue Descartes, 75231 Paris Cedex 05

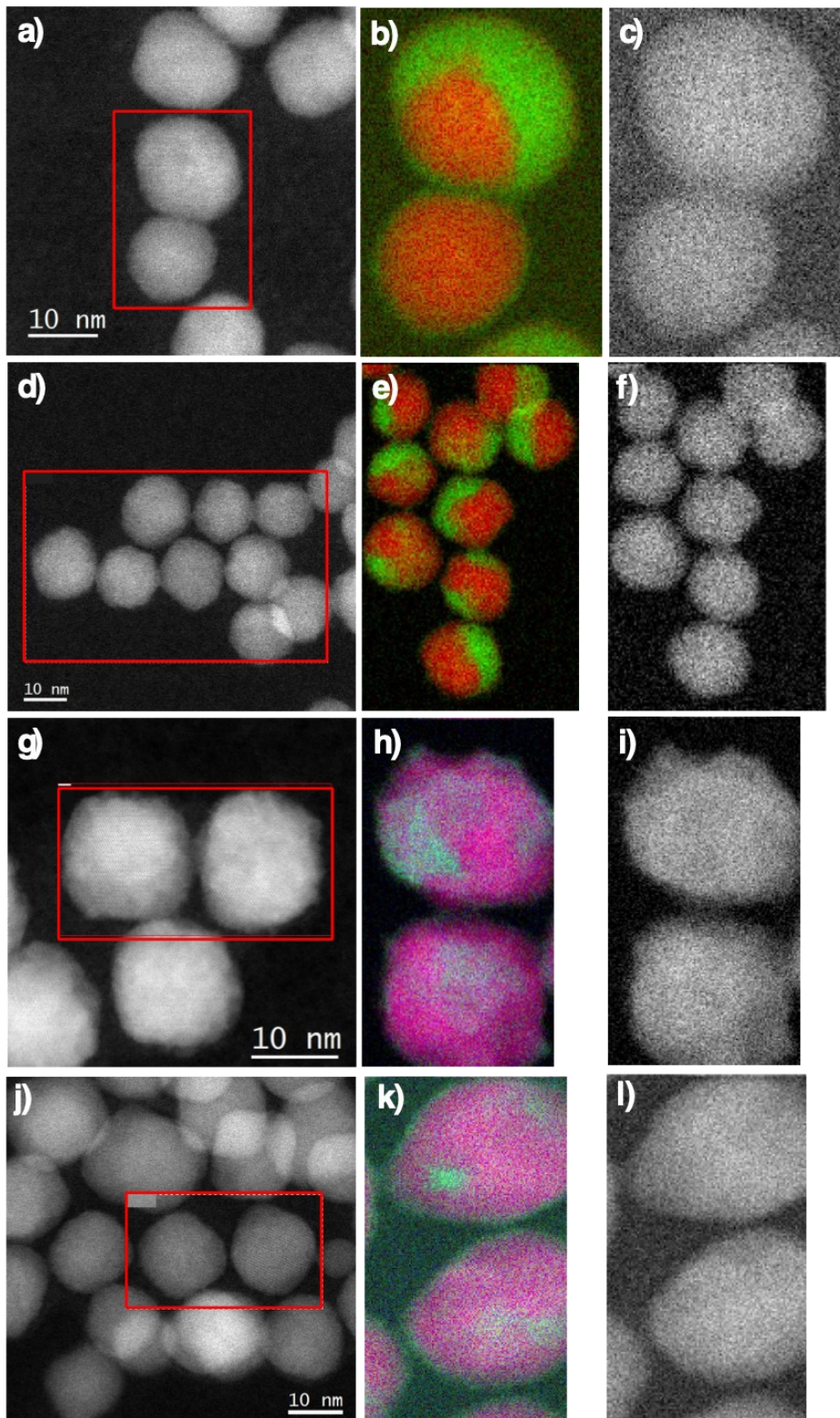


Figure S1. Electron loss spectroscopy spectrum imaging (EELS-SI) images corresponding to the red rectangles for a,b,c) CS, d,e,f) CSSa, g,h,i) CSSb and j,k,l) CSSc nanoparticles. b,d,h,k) Composite EELS-SI micrograph including Fe L-edge (red), Co L-edge (green) and oxygen K-edge (blue). c,f,i,l) EELS-SI micrograph at specific oxygen K-edge.

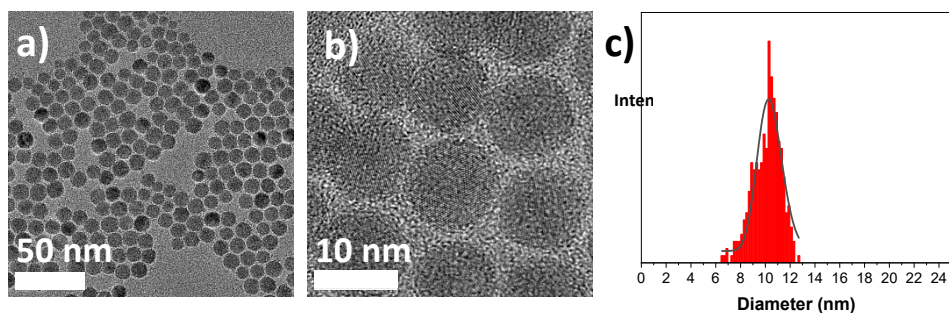


Figure S2. a, b) TEM micrographs of C nanoparticles and c) the corresponding size distribution.

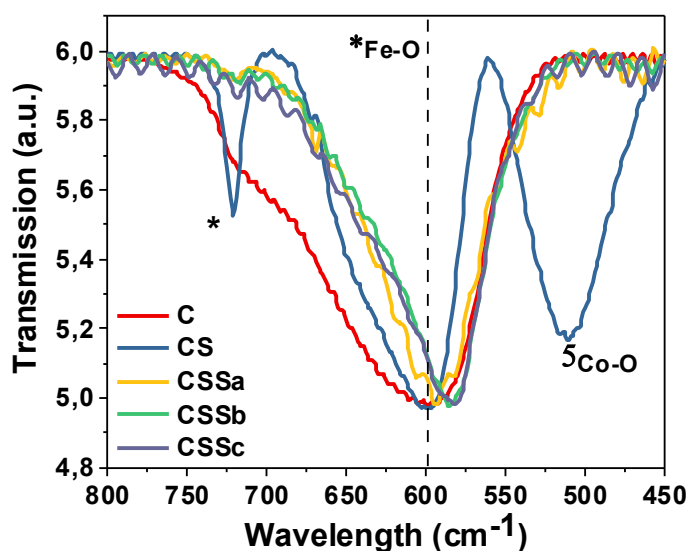


Figure S3. FTIR spectra of C, CS, CSSA, CSSB and CSSC nanoparticles.

Tables S1. Magnetic parameters measured from element specific magnetization curves recorded at 4 K by XMCD at energies corresponding to FeS1, S2, S3 and CoS4.

	H_c (kOe)	M_R/M_S S1 (%)	M_R/M_S S2 (%)	M_R/M_S S3 (%)	Mean of M_R/M_S at Fe edges (%)	M_R/M_S S4 (%)
CS	10,9	69	66	65	67 ± 2.0	55
CSSA	10,8	60	63	64	62 ± 2.0	59
CSSB	10,9	58	61	60	60 ± 1.5	62
CSSC	9,6	60	64	62	62 ± 2.0	62

Table S2. Refined values of hyperfine parameters calculated from the fit of ^{57}Fe Mössbauer spectra recorded at 77 K.

Sample	isomer shift relative to $\alpha\text{-Fe}$ (mm/s)	Width at half height (mm/s)	quadrupole shift (mm/s)	Hyperfine field (T)	Relative subspectral area (%)	Fe species	Site occupancy
C	0,49	0,36	0,01	51,3	15	Fe3+	Td
	0,35	0,63	-0,11	49,2	43	Fe3+	Td
	0,61	0,82	0,18	49	35	Fe2-3+	Oh
	1,16	0,4	1,9	34	4	Fe2+	Oh
	0,65	0,4	1,04	-	3	Fe2-3+	Oh
	0,504	-	0,13	47,5	-		
CS	0,55	0,73	-0,01	53,1	34	Fe3+	Oh
	0,49	0,37	0,02	50,6	31	Fe3+	Td
	0,55	0,81	0,15	47,2	23	Fe3+	Oh
	1,16	0,44	1,88	34	6	Fe2+	Oh
	0,345	0,46	0,58	-	6	Fe3+	Td
	0,528	-	0,19	48,5	-		
CSSa	0,53	0,54	-0,03	53,7	43	Fe3+	Oh
	0,4	0,41	0,02	51,1	42	Fe3+	Td
	0,49	0,48	0,03	48,8	8	Fe3+	Td
	0,64	0,57	0,49	45,1	5	Fe3-2+	Oh
	1,16	0,4	2	34,7	2	Fe2+	Oh
	0,489	-	0,06	51,4	-		
CSSb	0,55	0,54	-0,05	53,5	42	Fe3+	Oh
	0,41	0,43	0,03	51	45	Fe3+	Td
	0,525	0,39	0,12	48,4	5	Fe3+	Oh
	0,72	0,52	0,28	46,5	5	Fe3-2+	Oh
	1,16	0,4	2,1	34,7	3	Fe2+	Oh
	0,51	-	0,08	51,2	-		
CSSc	0,51	0,53	-0,05	53,8	30	Fe3+	Oh
	0,39	0,47	0,01	51,1	59	Fe3+	Td
	0,86	0,67	-0,29	51,2	8	Fe3-2+	Oh
	1,16	0,4	1,8	34,6	3	Fe2+	Oh
	0,485	-	0,01	51,5	-		

