



### Small overview of High Modulus Asphalt Mixes EME

**Yves Brosseau**

Institut Français des Sciences et Technologies des Transports de l'Aménagement et des Réseaux - IFSTTAR – France

[www.lcpc.fr](http://www.lcpc.fr)

[Yves.brosseaud@ifsttar.fr](mailto:Yves.brosseaud@ifsttar.fr)



### Framework

- ◆ Small historic and principles
- ◆ Main characteristics of components
- ◆ Mix design and performances specifications
- ◆ Experimental section (example of cooperation France-Poland)
- ◆ Researches and last evolutions (recycling, Wam HMA)
- ◆ Development of HMA + VTAC: the keys of success
- ◆ Conclusion



### Evolution of EME technique

- ◆ 1980 : firstly applications , companies processes
- ◆ 1985 : generalization in reinforcement maintenances
- ◆ 1988 : guide EME for urban rehabilitations



### History : first guide SETRA Guide 1988

**REINFORCEMENTS EN ENROBES A MOULLE ELEVE**

- SOMMAIRE
- CHAPITRE I : INTRODUCTION
- CHAPITRE II : Les enrobés à module élevé (EME)
- CHAPITRE III : Les différents paramètres à prendre
  - 1. INTRODUCTION
  - 2. TRAFIC, LE PARAMETRE tie
- CHAPITRE IV : Rechargement avec ou sans fraiçag
  - 1. DEFINITION DES PARAMETRES NECESSAI
  - 2. DIMENSIONNEMENT
- CHAPITRE V : Refection de chaussée en epaisseur
  - 1. PLATE-FORME SUPPORT DE CHAUSSEE
  - 2. DIMENSIONNEMENT D'UNE NOUVELLE STI
  - 3. EXEMPLES DE DIMENSIONNEMENT
- CHAPITRE VI : La prise en compte du gel
  - 1. RECHARGEMENT AVEC CHAUSSEE
  - 2. REFECTON AVEC CHAUSSEE
  - 3. DETECTION DE LA CHAUSSEE

**Complex modulus E > 11 000 MPa at 15° C and 10Hz**



### Evolution of EME technique

- ◆ 1980 : firstly applications , companies processes
- ◆ 1985 : generalization in reinforcement maintenances
- ◆ 1988 : guide EME for urban rehabilitations
- ◆ 1990 : new construction on RRN
- ◆ 1996 : new pavement on motorways – Scetauroute pavement catalogue
- ◆ 1998 : RRN pavement catalogue
- ◆ 2007 : EME (EN standard)
- ◆ 2010 : 200 kt 10/20 – 4 Mt EME (10% enrobés)



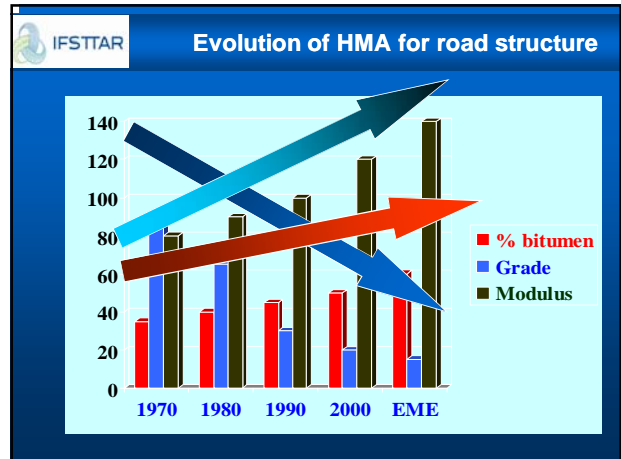
### Targets of HMA

- ◆ **Performance improvements**
  - Stiffer
  - Improved of fatigue behaviour
  - Higher rutting resistance
- ◆ **Technical Economic optimisation**
  - Thinner thickness
  - Better response to the increase of traffic agressivity (load, increasing,...)
  - New structure, but especially for reinforcement pavement
  - Reduction of complementary works (like modification of water or gas network in town, increasing of safety fence, ...)
- ◆ **Savings in raw materials, maintenance and related traffic disruption**



**IFSTTAR Route for improvement**

- ◆ Same grading curves as HMA
- ◆ Stiffer binder (Hard, PmB, Additive)
  - Class 10/20 or 15/25 for EME 2
  - EME 1 : No application (prefer GB 3)
- ◆ Increase of the binder content (HMA)
  - same range as French surface course HMA (near 5.8%)



**IFSTTAR Standardisation**

◆ Classification :

- Base layers - EME – previous NFP 98-140 (nov. 1999)
  - 3 Types : 10 - 14 - 20 mm
  - 2 Classes according to binder content

European standard : NF EN 13108-1 (February 2007)  
Bituminous mixtures – materials specifications – asphalt concrete

Class	Minimum Richness modulus	Minimum BC [ppe]
1	2.5	4.0
2	3.4	5.5

**IFSTTAR Characteristics of components : aggregates, bitumen**

**IFSTTAR Use of European standard : minimum requirements According to the type of asphalt mixes**

Utilisation	Appellation française	Caractéristiques typiques des gravillons	Caractéristiques de fabrication		Angularité des granulats issus de roche meuble	
			gravillons	sables	gravillons	sables
Couche de revêtement	BETM SBM SBA forte solidification AT AC	L <sub>A</sub> - M <sub>25</sub> 15 <sup>10</sup> PS <sub>10</sub> Code B	G <sub>0.85/20</sub> <sup>10</sup> G <sub>0.85</sub> ou G <sub>0.85</sub> ou G <sub>1.0</sub> à 0.4 et D P <sub>10</sub> 10 <sup>10</sup> - 0.4 <sup>10</sup>		G <sub>0.15</sub> ou E <sub>0.15/10</sub>	E <sub>0.30</sub>  Code Ang1
	BBSG SBM SBCS SBA SBM	L <sub>A</sub> - M <sub>20</sub> 20 <sup>10</sup> PS <sub>10</sub> Code C	G <sub>0.85/20</sub>	G <sub>0.85</sub> <sup>10</sup> G <sub>0.10</sub>		Code Ang3
Couche de liaison mince	SBM	L <sub>A</sub> - M <sub>20</sub> 20 <sup>10</sup> Code B	G <sub>0.85/20</sub> G <sub>0.85</sub> ou G <sub>0.85</sub>	MB <sub>10</sub> <sup>10</sup> Code C		
Couche de liaison épaisse et couche de base	BBSG SBM SBCS SBA	L <sub>A</sub> - M <sub>25</sub> 15 <sup>10</sup> Code D	G <sub>1.0</sub> à 0.4 et D P <sub>10</sub> 10 <sup>10</sup> - 0.4 <sup>10</sup>		G <sub>0.15</sub> ou E <sub>0.15/10</sub>	E <sub>0.30</sub>  Code Ang3
Couche de fondation	EME GB					

<sup>10</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans le plan de marché, d'une compression maximale de 5 points entre le compactage L1 et M20.  
<sup>11</sup> G<sub>0.85/10</sub> pour gravillon discontinus.  
<sup>12</sup> P<sub>10</sub> et D.S. 6.3 mm.  
<sup>13</sup> P<sub>10</sub> et D.S. 6.3 mm.

<sup>14</sup> G<sub>1.0</sub> à M20/10.  
<sup>15</sup> G<sub>1.0</sub> à M20/10.  
<sup>16</sup> G<sub>0.85</sub> et 2 - D.S. 6.3 mm.  
<sup>17</sup> Implique l'appareillage à la congele M20/10.  
<sup>18</sup> E<sub>0.15/10</sub> sous réserve d'une vérification à l'essai d'ornièrage.

**IFSTTAR General requirements or recommendations for added fines or fines from sand used in asphalt mixes**

**5.1 - Caractéristiques des fillers d'apport**

Les caractéristiques des fillers d'apport sont dans le tableau 9.

Paramètre	Spécification	Étendue maximale
Granulométrie (% en masse de passant)	2 mm	VH 100
	0.125 mm	LJ 85
	0.063 mm	LJ 70
Essai Blaine	Étendue déclarée	e < 140 m <sup>2</sup> /kg
Masse volumique réelle	Valeur déclarée	
Indice de vides Rigden	V <sub>max</sub>	
Doigt température bino-anneau	Δ <sub>max</sub> 8/16	

Tableau 9 : caractéristiques physiques et granulométriques

**5.2 - Qualité des fines et particules < 0,125 mm des sables et graves**

Les fines doivent être conformes au tableau 10.

Essai	Valeur (g/kg)
Essai au bleu (quantité de bleu adsorbée en grammes pour 1 000 g de fines, NF EN 933-6)	MB <sub>10</sub>

Tableau 10 : caractéristiques des fines

IFSTTAR **Guide for mix design**

表 2-1 沥青混合料用填料的典型特征

颗粒尺寸指标, 筛子尺寸 (mm)				有害 细料	增强性质	
2	0.125	0.063		MBF, g/kg	(Rigden) 空隙率 V, %	$\Delta_{200}, ^\circ\text{C}$
通过率	通过率	范围	通过率			
$\geq 100$	85-100	$\leq 10$	$\geq 70$	$\leq 10$	28-38	8-16
				$MB_{p10}$	$V_{2838}$	标记为 $\Delta_{200} S/16$

IFSTTAR **European standards for bitumen : main classification**

Bituminous Binders

- Paving Applications
  - Paving Grade Bitumens (EN 12591)
  - Polymer Modified Bitumens (EN 14023)
  - Cutback & Fluxed Bitumens (prEN 15322)
  - Cationic Bitumen Emulsions (EN 13808)
  - Oxidised Bitumens (EN 13304)
  - Hard Grade Industrial Bitumens (EN 13305)
- Industrial Applications
  - Hard Paving Grade Bitumens (EN 13924)

IFSTTAR **National foreword French specifications for hard paving grade**

Essential requirement	Characteristic	Test method	Unit	Class selection		
				10/20	15/25	m/M
Consistency at intermediate operating temperature	Penetrability at 25 °C Class a)	EN 1426	0.1 mm	10-20	15-25	m-M
				3	2	1
Consistency at high operating temperature	Softening point Class a)	EN 1427	°C	60-70 <sup>b)</sup>	55-71 <sup>b)</sup>	m <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>
				4	2	1
Durability (Resistance to hardening to 163 °C, EN 12607-1)	Mass variation Class a)	EN 12607-1	%	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$	$\leq 0.5$
				2	2	2
	Remaining penetrability Class a)	EN 1426	%	$\geq 55$	$\geq 55$	$\geq 55$
2				2	2	
Increase of softening point Class a)	EN 1427	°C	°C	$\leq 8$	$\leq 8$	$\leq T_1$
				2	2	1
Other properties	Flash point Class a)	EN ISO 2592	°C	$\geq 245$	$\geq 245$	
				3	3	
Solubility Class a)	EN 12592	%	mass	$\geq 99.0$	$\geq 99.0$	
				2	2	

a) Class defined according to Table 1 of this European standard  
 b) IMPORTANT — The supplier shall declare the reduced softening point interval, of  $\pm 5 ^\circ\text{C}$  around the cen. The whole declared interval shall be contained in the interval given in the table.

IFSTTAR **French hot bituminous mix design**

Manuel LPC d'aide à la formulation des enrobés à chaud

Fatigue

Modulus

Rutting

Workability, Resistance to water

IFSTTAR **Design steps**

Selection and identification of components

Choice: gradation & binder content

Compaction test (gyratory)

Level 1

Duriez test

Water sensitivity

Level 2

Rutting test

Rutting

Level 3

Modulus test

Stiffness

Level 4

Fatigue test

Fatigue

Formulation selected

IFSTTAR **Gyratory compactor test: specifications**

Voids %

BBAC

BBAC (binder)

BBAGG

BBME

GB 2

Correct

Out of spec


GB 3

EN E1

EN E2

4%

### Water sensitivity : Duriez test

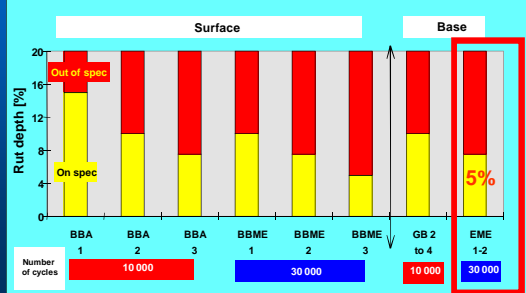


◆ Ratio r/R (and % voids) > 0,75

→ Decision to use of an adhesion agent  
→ European standard used also indirect tensile test (EN 12697-12)

### Rutting resistance - specifications

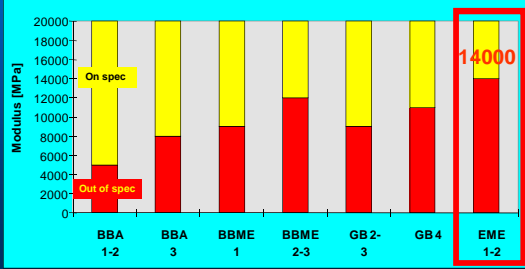
◆ Test @ 60 °C



The bar chart shows rut depth [mm] for Surface and Base layers across different mix classes. The Base layer EME 1-2 is highlighted with a 5% specification.

### Stiffness

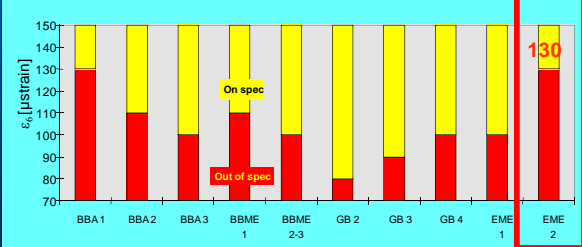
◆ Modulus @ 15°C: complex (10 Hz) or tensile (0,02 s)



The bar chart shows modulus [MPa] for various mix classes. The EME 1-2 class is highlighted with a modulus of 14000 MPa.

### Fatigue test

◆ Admissible strain @ 10 °C and 25 Hz [µstrain]



The bar chart shows admissible strain [µstrain] for various mix classes. The EME 2 class is highlighted with an admissible strain of 130 µstrain.

### Main specifications of HMA (fundamental method, only one)

Designation	Destination	Norme NF EN de référence	Caractéristiques générales					Caractéristiques fondamentales			
			Liant Granulé	D (mm) ou mm	Sensibilité à l'eau (TSR) (J/C) méthode à pair ou pression multiple	Pourcentage de vide PCG	Nb granulations	Essai d'ornièrage À 60°C	Essai de module 15°C	Essai de fatigue 10°C	
EB10-EME Classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>0</sub>	V <sub>max,6</sub>	80	30 000 cycles (Vf=3% Vs=6%) P <sub>0,2</sub>	(Vf=3% Vs=6%) S <sub>max,100</sub>	(Vf=3% Vs=6%) E <sub>0-100</sub>	
EB14-EME Classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>0</sub>	V <sub>max,6</sub>	100	30 000 cycles (Vf=3% Vs=6%) P <sub>0,2</sub>	(Vf=3% Vs=6%) S <sub>max,100</sub>	(Vf=3% Vs=6%) E <sub>0-100</sub>	
EB20-EME Classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>0</sub>	V <sub>max,6</sub>	120	30 000 cycles (Vf=3% Vs=6%) P <sub>0,2</sub>	(Vf=3% Vs=6%) S <sub>max,100</sub>	(Vf=3% Vs=6%) E <sub>0-100</sub>	
								<b>70</b>	<b>7,5 %</b>	<b>14 000 MPa</b>	<b>130 µdef</b>

### EME : main performances

Type of mix	Granulometry (Voids %) C80 (D 10mm) C100 (D 14mm) C120 (D 20 mm)	Water sensitivity r/R ratio	Rut depth (60°C-100 mm) * 10 000 cycles (%) ** 30 000 cycles (%)	Stiffness modulus (15°C-10Hz) in MPa	Fatigue - admissible strain (@ 1 million de cycles)
G.B Class 2	≤ 11	≥ 0.65	≤ 10*	≥ 9,000	≥ 80.10 <sup>-6</sup>
GB Class 3	≤ 10	≥ 0.7	≤ 10*	≥ 9,000	≥ 90.10 <sup>-6</sup>
GB Class 4	≤ 9	≥ 0.7	≤ 10**	≥ 11,000	≥ 100.10 <sup>-6</sup>
EME Class 1	≤ 10	≥ 0.7	≤ 7.5**	≥ 14,000	≥ 100.10 <sup>-6</sup>
EME class 2	≤ 6	≥ 0.75	≤ 7.5**	≥ 14,000	≥ 130.10 <sup>-6</sup>

IFSTTAR **Thickness**

**VERY IMPORTANT TO RESPECT FOR QUALITY CONTROL**

◆ EME

Thickness [cm]	Average	Minimum
EME 10	6 à 8	5
EME 14	7 à 13	6
EME 20	9 à 15	8

IFSTTAR **Main properties of HMA (classe 2)**

- ◆ Same grading as conventional asphalt mix for base course
- ◆ Continue grading 0/14 (sometime 0/20, less 0/10)
- ◆ Binder harder (pure hard bitumen, Modified, Additives)
  - Penetration grade 10/20 (usual) ; sometime 20/30 + additives
- ◆ Increasing binder content (HMA)
  - Same order of magnitude as conventional wearing course (6,0%)

◆ Asphalt mix : good homogeneity, dense (voids % < 5%)

◆ High mechanical performances (the best of asphalt)

◆ Decreasing till 35% of thickness / conventional GB 3

IFSTTAR

**Pavement design with HMA**

IFSTTAR **New structure : toll motorway (catalogue 1996)**

Manuel de conception de SCETAUROUTE

R Autoroutier : TO+ / PF3

Comparaison	GB 3	EME 2
VTAC :	2,5	2,5
BBME :	5,0	_ (A)
Base :	11	10
Fondation :	13	10
Total thickness :	31,5 cm	22,5 cm

**-28%**

*\*Traffic 20 millions d'essieux equivalent 130 KN, \*\*plate-forme PF 3 soit E=120 MPa*

IFSTTAR **New structure : national road (catalogue 1998)**

Alizé-Lcpc

Guide des structures types de chaussées neuves (SETRA/LCPC)

RRN structurant TC6\* / PF 3\*\* - duration 30 years

Fiche	N° 1 GB 2	- Fiche	N° 3 EME 2
VTAC:	2,5 cm		2,5 cm
BBSG binder course:	6,0 cm		6,0 cm
Base :	14,0 cm		9,0 cm
Fondation:	14,0 cm		10,0 cm
Total thickness :	36,5 cm		27,5 cm

**-25%**

*\*Traffic 20 millions equivalent axel 130 KN, \*\*capping layer PF 3 or E=120 MPa*

IFSTTAR **Combinations possible between: base and sub base courses**

**For traditional used (catalogue 1998) : HMA2 / HMA2 (only)**

structures	Combinations authorized in alternative solution
Thick bituminous	GB2/GB3 ; GB3/GB4 ; <b>GB2/HMA2</b> <b>GB3/HMA2</b> <b>GB4/HMA2</b>

**IFSTTAR Performances ranking of Asphalt mixes for base course**

materials	Modulus at 15°C 10 Hz	Epsi 6 µdef 10°C, 25 Hz
GB2	9000	80
	11000	90
GB3	9000	90
	11000	100
GB4	11000	100
	12500	110
EME2	14000	130
	17000	140

*If modulus of bitumen too high, the rigidity of bituminous mixes increase so much, and the risk of thermal cracking increase too.*

Limits of performances determined in laboratory, used in pavement design

**IFSTTAR End use**

- Roads in France :
  - Consumption : 0,6 Million t of high grade bitumen (10/20, 15/25, 20/30 pen grade)
  - Near 5 to 6 Millions t/y of HMA
  - Compare to 40 Millions t/y Hot asphalt mixes

**IFSTTAR End use**

- Heavy and channeled traffic
- Maintenance of highway slow lane (since 1995):  
*milling + 10 cm HMA + BBTM*
- Maintenance of cement concrete structure at the end life (since 1997):  
*fragmentation + SA with PmB + 12 cm HMA + BBTM*
- Airfield road : taxiway, parking areas (catalogue STBA - 1998)
- Special parking for heavy load:
  - banks of sea, of river
  - container area, ...
- City by-pass (over head limitations) – (guide)
- Thinner overlay
- New constructions pavement design catalogue 1996\_98

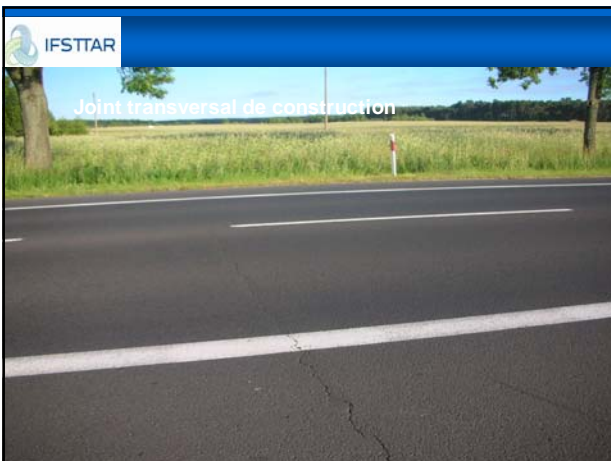
**Very long experience in France :**  
> 25 years,  
any traffic  
4 million tonnes per year,....

**Others countries :**  
Belgium, Tchec R., UK, Ireland, Switzerland, Brazil,  
Algeria (3 millions tonnes, 3 years),  
Moroco (400 km motorway, 7 years, recycling 20%) ...

Interesting :  
Romania, Columbia, USA, Argentina, Mexico, China, ...

**Development of HMA in Poland:**  
since 9 years near POZNAN with others applications,  
*regulations june 2010 (thermal cracks – february 12)*







IFSTTAR **Bilan des EME au Maroc** Mai 2012

- ◆ Réalisations sur ADM : + 400 km
- ◆ Réalisations sur RN: quelques 100 km
- ◆ Premières applications: 7 ans
- ◆ Abandon EME1 (recommandations du CNR Ouarzazate 2006)
- ◆ Recyclage à 20% d'anciens enrobés fraisés:
  - après concassage-criblage des agrégats,
  - sur autoroute (depuis l'an passé),
  - mais uniquement en fondation EME et liaison BBME, pas en couche de roulement (en attente du comportement des réalisations actuelles).

IFSTTAR **Bilan des EME au Maroc**

- ◆ Formulation des EME 0/14:
  - 3 coupures 0/4, 4/10, 10/14,
  - bitume 20/30 (dosage voisin de 5,9% externe),
  - étude de niveau 4
  - Fatigue : difficile à atteindre les 130, mais souvent vers 125,
  - Module est souvent supérieur de 20% à la spécification (idem France EME 2),

IFSTTAR **Bilan des EME au Maroc**

- ◆ Très bon comportement global
- ◆ Développement quantitatif de la technique:
  - Neuf,
  - et surtout renforcement, élargissement
  - Intérêt du recyclage d'anciens BB surface,
- ◆ Etude de laboratoire essentielle pour optimiser les comportements (ordre décroissant):
  - Résistance orniérage,
  - Module
  - Tenue à l'eau
  - Fatigue
- ◆ QQ désordres particuliers:
  - Expertise pour trouver les origines et corriger les défauts

IFSTTAR

**What are the keys for the success of HMA?**

IFSTTAR **Specific precautions EME and VTAC : keys of success**

**EME**

- 1) Stiff enough sub-base
- 2) Performance check (lab and application controls)
- 3) Respect of the thickness
- 4) Protect with W. C. (texture, climate,...)

> Joint quality

> Equivalence coefficient (Alize pavement design, new polish version)

**VTAM**

- 1) Good performances of underneath (profile, stiffness, imperviousness)
- 2) Performance (choice of components, tack coat or +, application controls)



IFSTTAR **conclusion**

- ◆ Performing structural material adapted to heavy traffic
- ◆ Very important to :
  - respect the performances in lab
  - control quality constituents (hard bitumen), composition, voids , thickness homogeneity
- ◆ The HMA 2 have been used for 25 years without significant :
  - Signs of thermal cracking
  - Stripping of binder
  - Modulus evolution by hardening



IFSTTAR **CONCLUSION : Development and field of use of HMA**

- ◆ High demands from many countries for this material :
  - **Europe** : GB, B, CH, D, NL, center of Europe, South,
  - **America** : center (Mexico, USA), and south (Colombia, Brazil, Argentina,...)
  - **Africa** : Maghreb countries
  - **Asia** : China, ...

due to :

- increase of load aggressiveness,
- needs for modernization, durability,
- environmental effect, reduction energy consumptions

Australian Scan Tour – 4 June 2012 – Paris Arche de la Défense

IFSTTAR

Thanks a lot for your attention



