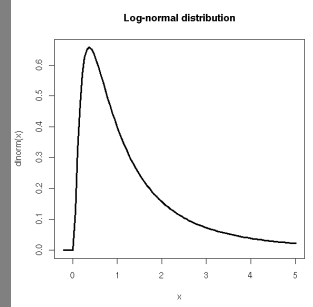
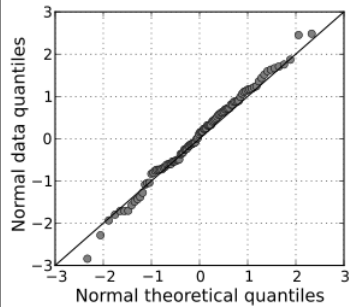


$$y_{ij} = \sum_{p=0}^8 \beta_{pj} x_{pij} + \sum_{v=9}^{13} \beta_{vj} z_{v-8ij} + \varepsilon_{ij}, \quad (14)$$

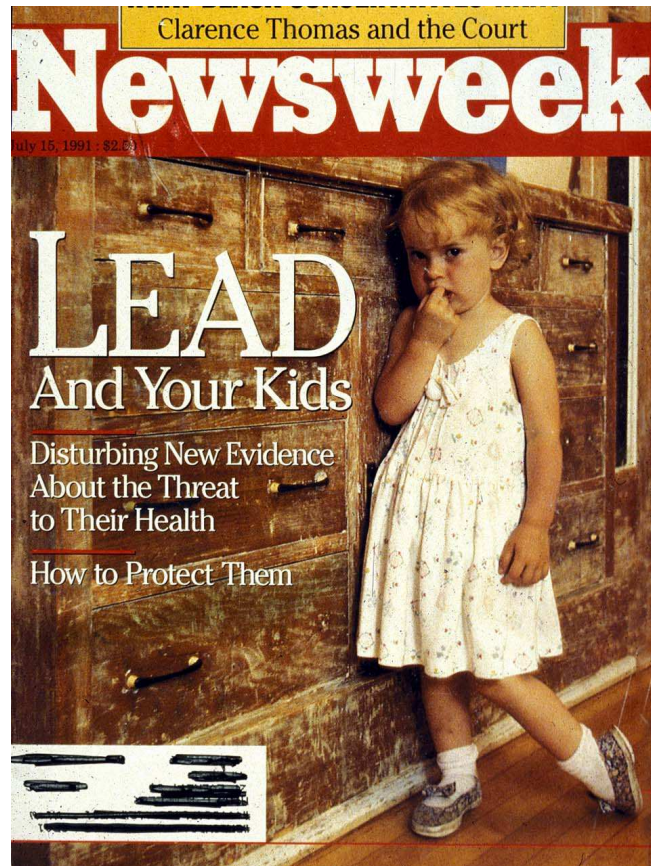
$$\beta_{pj} = \gamma_{0p} + u_{pj} \text{ for } p = 0, 1, \dots, 8, \quad (15)$$

$$\beta_{vj} = \gamma_{0v} + u_{vj} \text{ for } v = 9, 10, \dots, 13, \quad (16)$$



Enquête Plomb-Habitat

État de la contamination par le plomb dans les logements français



Enfants	Plombémie (µg/l)	Adultes
	1500	
Décès →	1000	← Encéphalopathie
Encéphalopathie →		← Anémie
Néphropathie →		← Longévité diminuée
Anémie →		
Douleurs abdominales →	500	← Altération de la synthèse d'hémoglobine
↘ Synthèse de l'hémoglobine →	400	← Neuropathie périphérique
		← Infertilité masculine
		← Néphropathie
↘ Métabolisme de la vitamine D →	300	← Pression artérielle systolique ↗ (hommes)
		← Acuité auditive ↘
		← Protoporphyrines érythrocytaires ↗ (hommes)
↘ Vitesse de conduction nerveuse →	200	← Protoporphyrines érythrocytaires ↗ (femmes)
↗ Protoporphyrines érythrocytaires →		
↘ (?) Métabolisme de la vitamine D		
Toxicité neurologique →		
↘ QI →	100	← Hypertension ↗ (?)
↘ Audition →		
↘ Croissance →		
Passage placentaire →		

↗ : fonction croissante ; ↘ : fonction décroissante.

Figure 10.1 : Effets du plomb inorganique sur les enfants et les adultes. Taux minimum où l'effet peut être observé (d'après Agency for toxic substance and disease registry, 1990).

- **Plombémie** ≡ Taux de Pb dans le sang
- **Saturnisme** ≡ Plombémie ≥ 100 µg/L

- Objectif n° 18 de la loi du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique : Passer de 2 % d'enfants $\geq 100 \mu\text{g/L}$ en 1996 à 1 % en 2008.
 - Accumulation de preuves d'effets chez l'enfants des doses $< 100 \mu\text{g/L}$.
- DGS → InVS enquête de prévalence « Saturn-Inf », 3800 enfants en France, 2008-2009.

Saturn-Inf : opportunité pour une enquête au domicile des enfants, afin de :

- **Faire un état de la contamination par le Pb dans les logements**
 - Etudier les sources des plombémies modérées (25-100 µg/L)
 - Etudier l'utilité des ratios isotopiques pour déterminer les sources en Pb
 - Créer un modèle empirique des prédictions des plombémies
 - Evaluer le Constat des Risques d'Exposition au Plomb (CREP)
- ➔ Plomb-Habitat 2008-2009, CSTB et partenaires (InVS, EHESP, ISA, Lariboisière)

Sources :

Questionnaire:

- Profession à risque
- Loisir à risque
- Revenu
- Comportement de l'enfant
- Emploi du temps de l'enfant
- Etc.



Poussière du sol [lingette]

Eau du robinet [en cuisine]

Peinture [XRF + écailles]

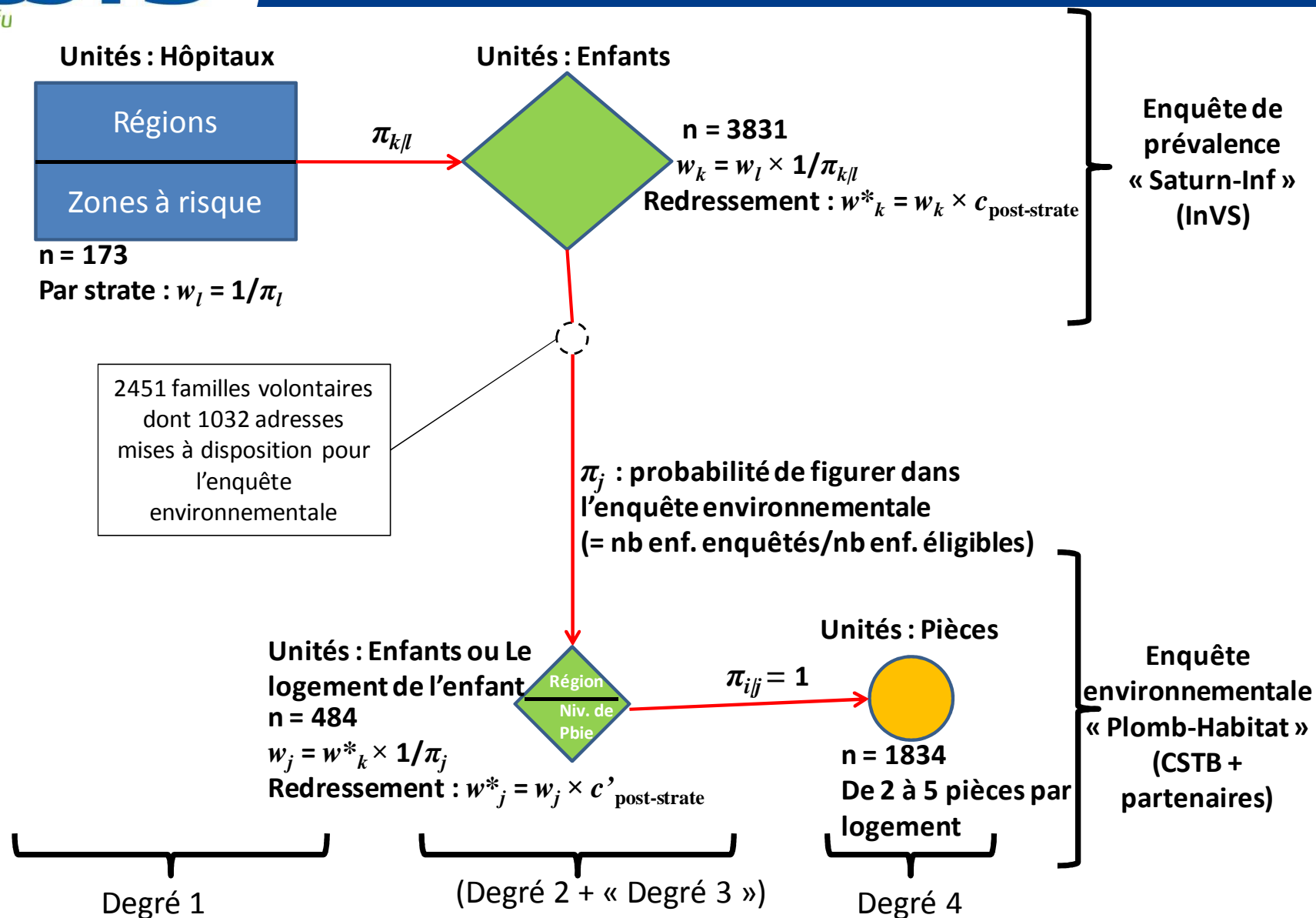
Autres sources :
cosmétiques, plats
traditionnels, remède



Jusqu'à 5 pièces + parties communes
(poussière au sol, peinture)



Aire de jeu extérieure
[carottage ou lingette]



Population cible « idéale » : les résidences principales en France métropolitaine (N = ~ 25 millions).

Population source : les résidences principales en France métropolitaine, abritant au moins un enfant âgé de 6 mois à 6 ans.

N = 3 581 991

$$w_j^* = w_j \times c'_{\text{post-strate}}$$

- Par post-stratification
- A partir des données Insee du recensement 2006 et de la table d'appartenance géographique des communes
- Variables auxiliaires :
 - Période de construction (< 1949 , ≥ 1949) : issue de la variable ACHL (2 modalités)
 - Urbanisation (Urbain, Rural) : issue de la variable TDDU mergée par commune (Code_geo) (2 modalités)
 - Région administrative (22 modalités)

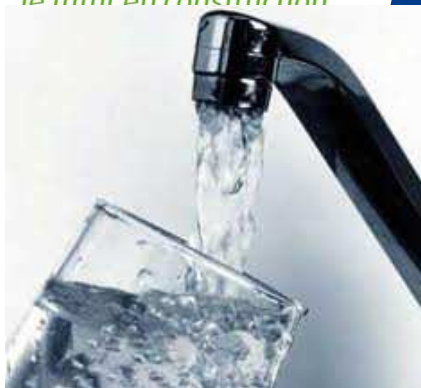
88 post-strates. Regroupement afin d'avoir assez de logements par post-strates, 24 post-strates finales.

SAS 9.1 pour le data-management, la manipulation des données et la post-stratification.

R, Package « survey » (Lumley, 2004) pour les analyses design-based.

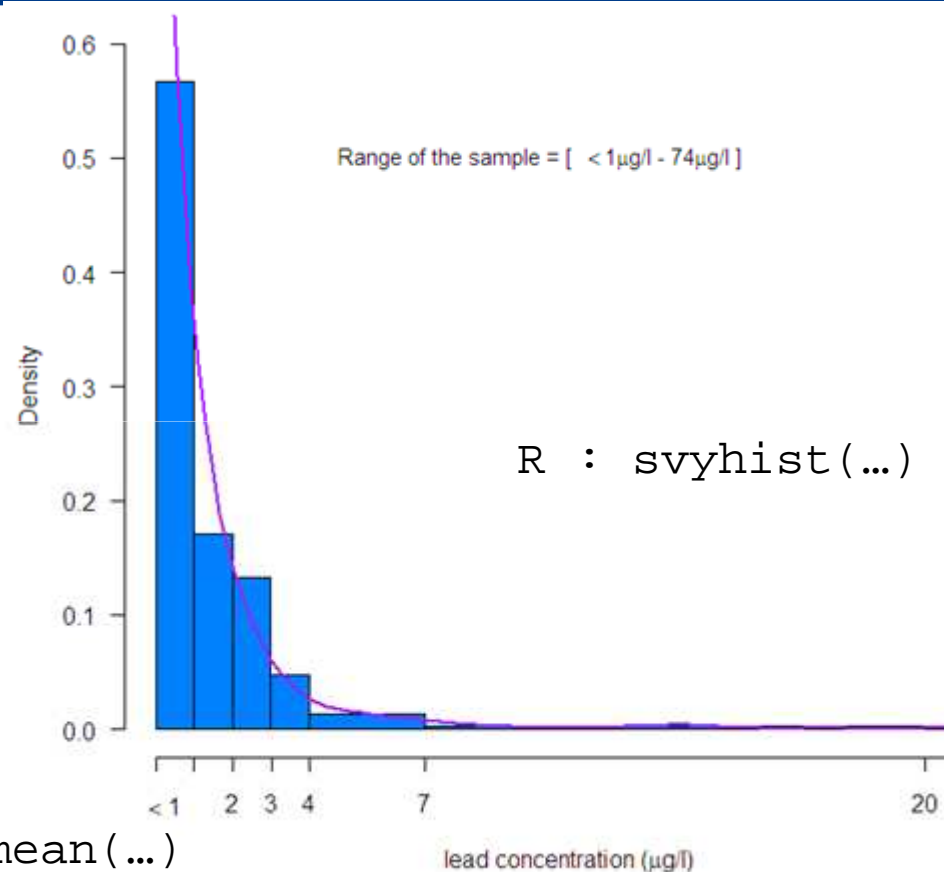
Déclaration du plan :

```
svydesign(ids=~mes degrés ,  
strata=~mes strates,  
data= ma table de donnée,  
weights= ma variable poids de sondage)
```



R : svyquantile(...)

Statistique	Estimation (µg/L)	IC à 95%
min	< 1	-
0.05 percentile	< 1	-
0.25 percentile	< 1	-
0.50 percentile	< 1	-
0.75 percentile	1.1	0.8-1.6
0.95 percentile	5.4	3.9-9.5
max	74	-
Moyenne arithmétique	1.8	1.4-2.2
Moyenne géométrique	< 1	-



R : svymean(...)

58% des logements C[Pb] < 1 µg/L
1% des logements C[Pb] ≥ 25 µg/L
2.9% des logements C[Pb] ≥ 10 µg/L

Résultat : Poussières intérieures déposées au sol

Concentration moyenne en Pb par logement

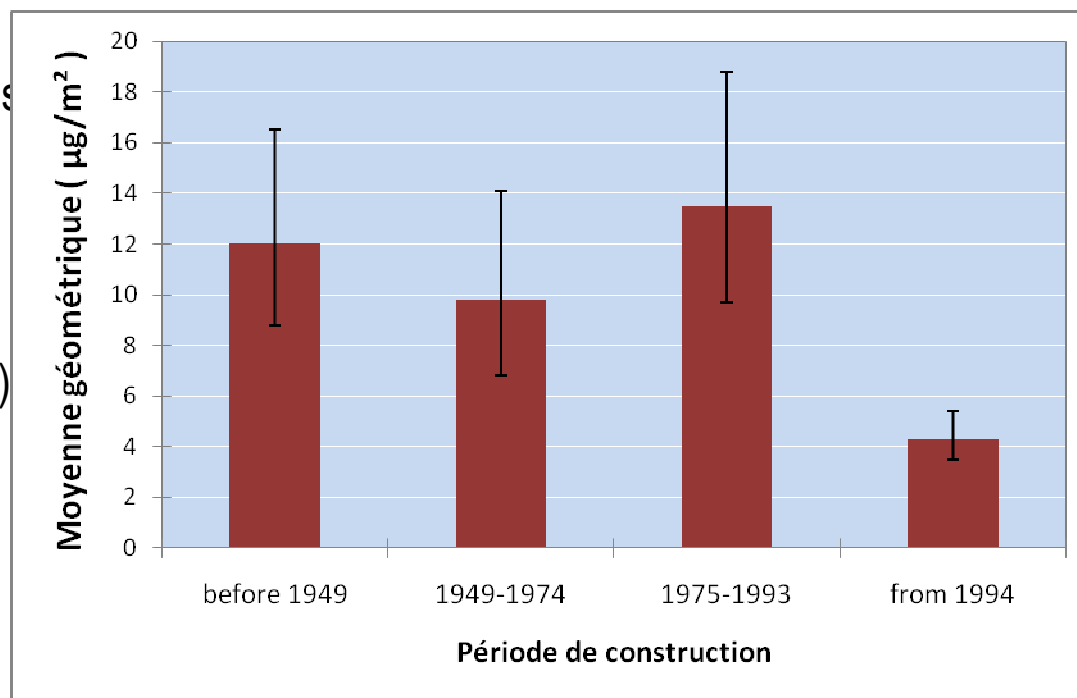
Moyenne géométrique = $8.8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (IC=7.5-10.4)

Maximum = $491 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (mais $6\ 271 \mu\text{g}/\text{m}^2$ en parties communes)

Seuil USA = $430 \mu\text{g}/\text{m}^2$

0.21% des logements dépassent ce seuil (IC=0-0.5)

4.1% des parties communes (IC=0-0.8)



R : `svymean(..., subset(design,...), ...)`
ou
`svyby(...)`

Résultat : Aire de jeu extérieure

Sol meuble (e.g. pelouse) – mg/kg

Statistique	Estimation	IC à 95%
0.05 percentile	9.8	4.2-11
0.25 percentile	17.3	15-18.9
0.50 percentile	27.2	21.6-39.4
0.75 percentile	60.2	42.7-93.2
0.95 percentile	253.8	117.4-2 174.5
Maximum	3 408	-
Moyenne arithmétique	73.6	38-109.3
Moyenne géométrique	33.9	27-42.6



Sol dur (e.g. cour d'immeuble) - µg/m²

Statistique	Estimation	IC à 95%
0.05 percentile	8.7	7.2-11
0.25 percentile	17	11-23.6
0.50 percentile	32.2	19-91
0.75 percentile	99	39-373.1
0.95 percentile	393.2	187.1-3 225
Maximum	3 225	-
Moyenne arithmétique	96	48.2-143.7
Moyenne géométrique	44.4	28.3-69.7

1.4% des aires ≥ 400 mg/kg (Seuil USA)
C[Pb]_{urbain} >> C[Pb]_{rural}

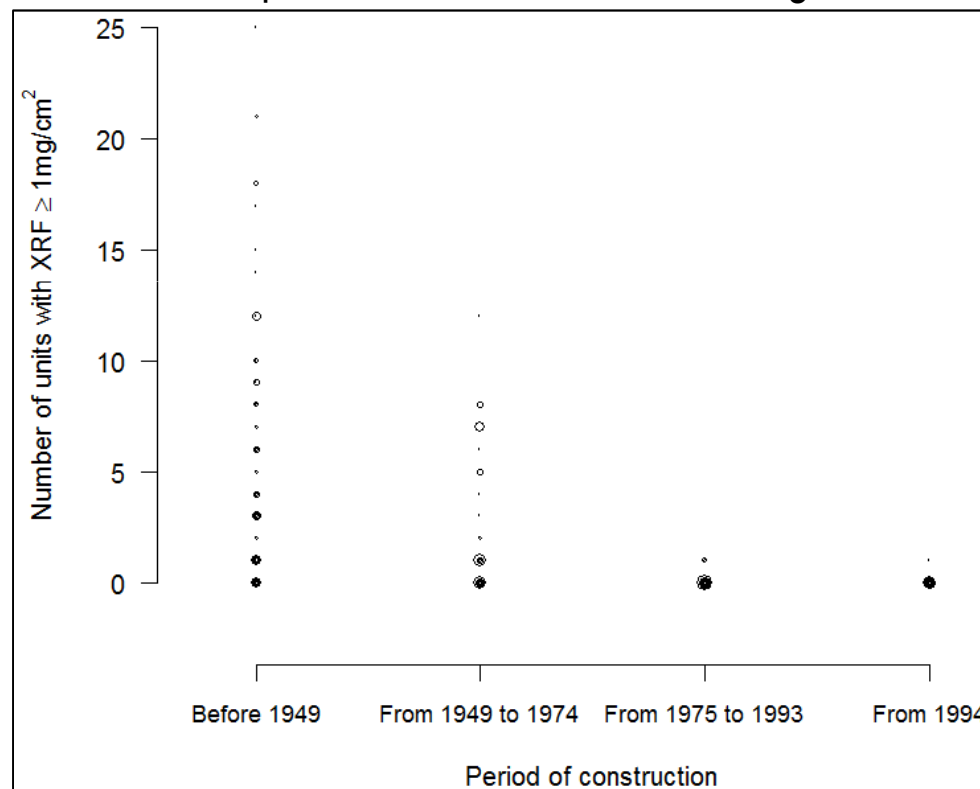
Niveaux 3.2 fois plus élevés que dans les poussières intérieures

Revêtement plombé $\equiv C[Pb] \geq 1 \text{ mg/cm}^2$

- 25% des logements avec de tels revêtements
- 34% des parties communes
- 4.7% des logements avec de tels revêtements détériorés



Selon la période de construction des logements



R : svyplot(...)

- Premier état au niveau national de la contamination par le plomb dans les logements.
- Analyses faites sur cas complets.
- Cas des valeurs $< \text{LOQ}$ remplacées par $\text{LOQ}/2$.
- Valorisations :
 - Rapport DGS (disponible sur le site CSTB en fin d'année)
 - ISES 2011 Baltimore, USA.
 - Lucas, J.-P., Le Bot, B., Glorennec, P., Etchevers, A., Bretin, P., Douay, F., Sébille, V., Bellanger, L., Mandin, C. (2012). *Lead contamination in French children's homes and environment*, Environmental Research, 116, 58-65.

Partenaires enquête Plomb-Habitat :



Contact : J-P. Lucas, ESE/Santé/PEEI, CSTB Marne-la-Vallée
jean-paul.lucas@cstb.fr / jean-paul.lucas@etu.univ-nantes.fr