

Problématique des bâtiments existants

Victor DAVIDOVICI



DYNAMIQUE
CONCEPT

TYPOLOGIE des BATIMENTS EXISTANTS

* Bâti ancien antérieur à 1900

- Fondations (?)
- Murs en maçonnerie
- Murs en pan de bois ou de fer
- Poteaux et piliers (pierre, brique, fonte...)
- Voûtes, planchers,
- Charpentes de couvertures

* Bâti de transition 1900 à 1940

- Maçonnerie porteuse
- Portiques BA + remplissages maçonnerie
- Structures en charpente métallique

* Bâtiments construits 1945 à 1970

- Voiles et portiques B.A.
- Portiques B.A. et remplissage
en maçonnerie
- Structures préfabriquées :
éléments filaires et grands panneaux
- Structures en charpente métallique



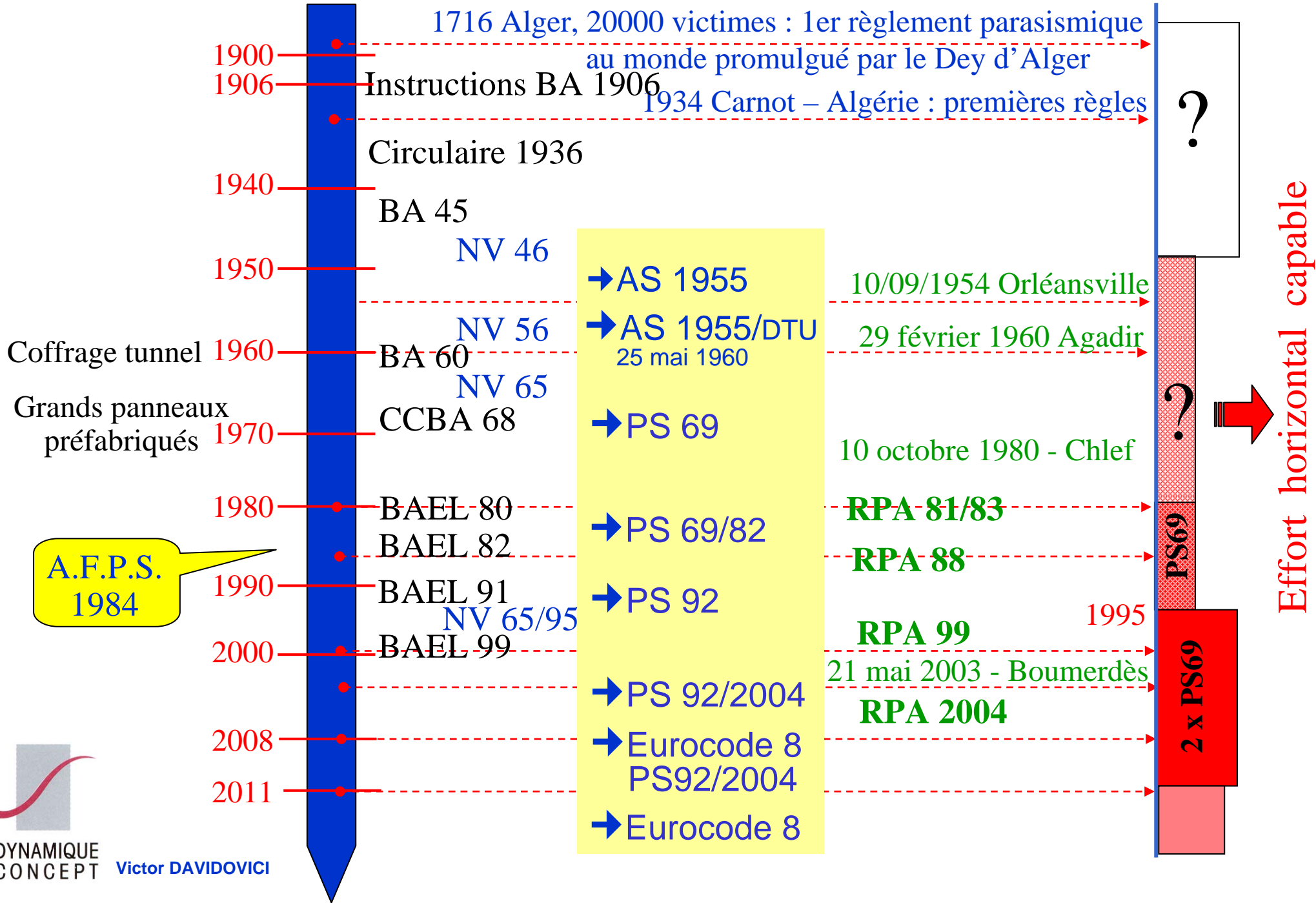


TYPOLOGIE des BATIMENTS EXISTANTS

Bâtiments isolés
Bâtiments groupés

- Immeubles d'habitation
- Immeubles de bureaux, hôtels
- Bâtiments commerciaux
- Bâtiments publics
- Bâtiments industriels
- Ensembles socioculturels
- Equipements sportifs





PS 92

Haut niveau de performance
Faibles pertes

EC 8

Classe D

Classe IV

Domaine
d'endommagement
maîtrisable

Classe C

Classe III

Classe B

Classe II

Domaine de sauvegarde de vies

Classe A

Bas niveau de performance
Pertes importantes

Classe I

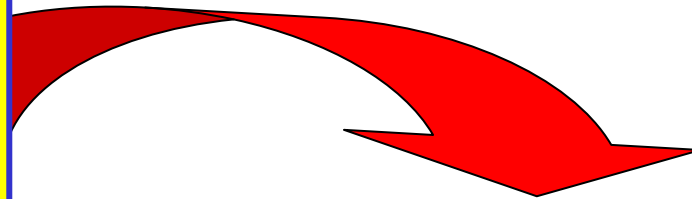


OBJECTIFS DE LA REHABILITATION DES OUVRAGES

Classe IV

Regroupe les bâtiments, les équipements et les installations dont le fonctionnement est **primordial** pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public

- ➔ Sécurité civile,
- ➔ Communications,
- ➔ Hôpitaux L.711-2,
- ➔ Stockage d'eau potable,
- ➔ Distribution de l'énergie



AVANT SEISME

- Maintien de la fonctionnalité du bâtiment

APRES SEISME

- Fonctionnalité assurée

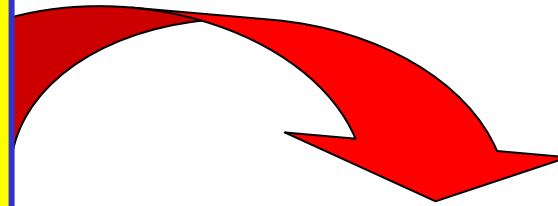


OBJECTIFS DE LA REHABILITATION DES OUVRAGES

Classe III

Étant donné l'importance socio-économique du bâtiment, la défaillance présente un risque élevée pour les personnes et pour leur activité

- ➔ Hauteur > 28 m
- ➔ ERP : 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème}
- ➔ Etab. Sanitaires L.711-2
- ➔ Bât. Industriels > 300 pers.
- ➔ Production collective de l'énergie
- ➔ Ecoles



AVANT SEISME

- Niveau de renforcement pour obtenir le non effondrement du bât. et la sauvegarde des capacités d'évacuation

APRES SEISME

- Bâtiment accessible,
- Endommagement des éléments non structuraux,
- Fissuration des éléments structuraux d'origine,
- Mise en place de qqs. étais



OBJECTIFS DE LA REHABILITATION DES OUVRAGES

Classe II

L'endommagement du bâtiment, présente un risque moyen pour les personnes

- ➔ Maisons individuelles
- ➔ Hauteur ≤ 28 m
- ➔ ERP < 300 pers.
- ➔ Bât. industr. ≤ 300 pers.
- ➔ Parc de stationnement publics

AVANT SEISME

- Niveau de renforcement pour obtenir le non effondrement du bâtiment.

APRES SEISME

- Bâtiment non accessible
- Destruction des éléments non structuraux
- Fissuration importante des élém. structuraux d'origine
- Étaieement en vue de rép. ou de démolition



OBJECTIFS DE LA REHABILITATION DES OUVRAGES

Classe I

Risques minimales pour les personnes ou pour l'activité économique

➔ Où il est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée

AVANT SEISME

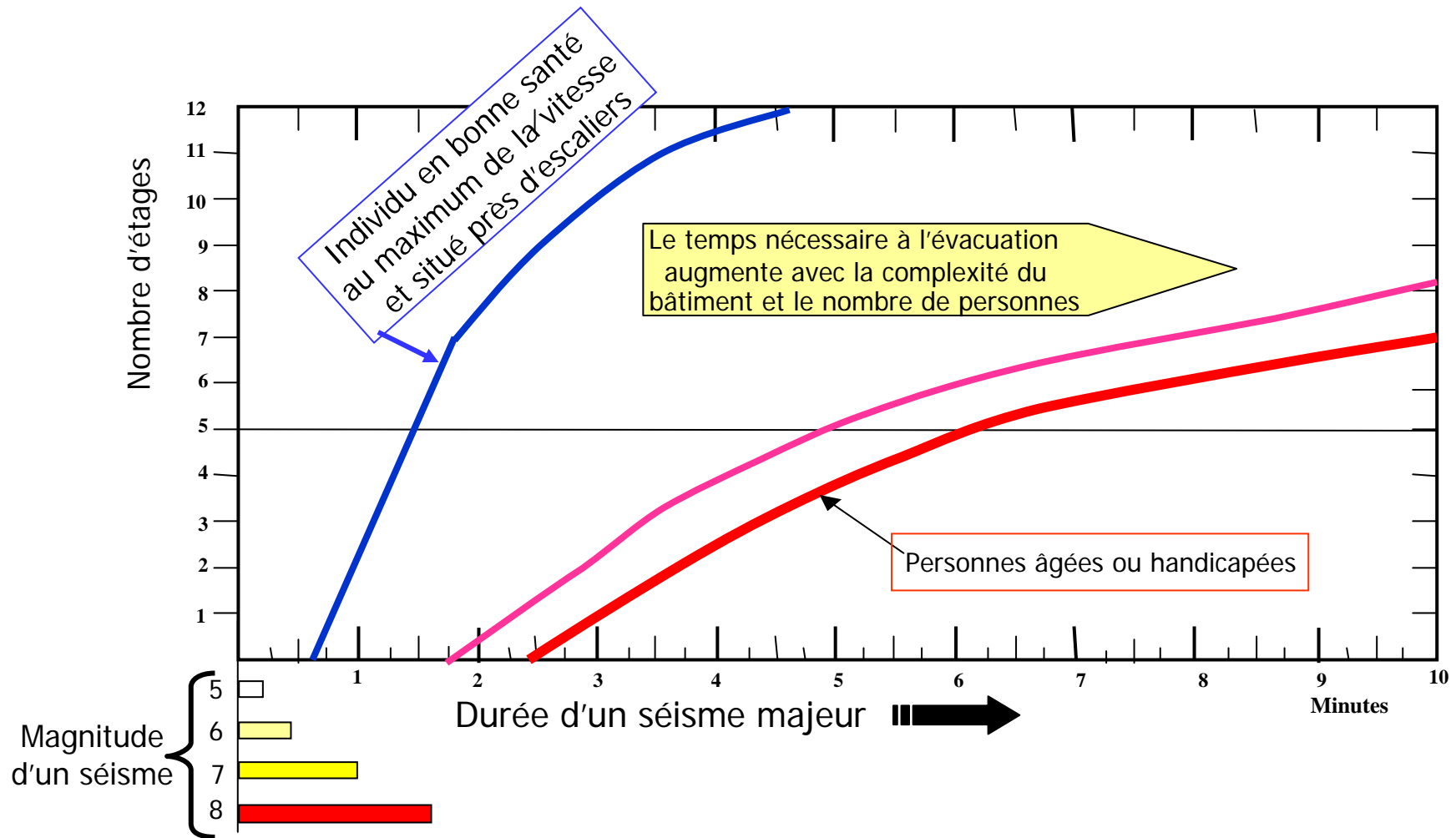
- Les bâtiments ne sont pas calculés au séisme

APRES SEISME

- Effondrement probable du bâtiment
- Reconstruction du bâtiment



Temps nécessaire à l'évacuation d'un bâtiment à étages



Bâti groupé

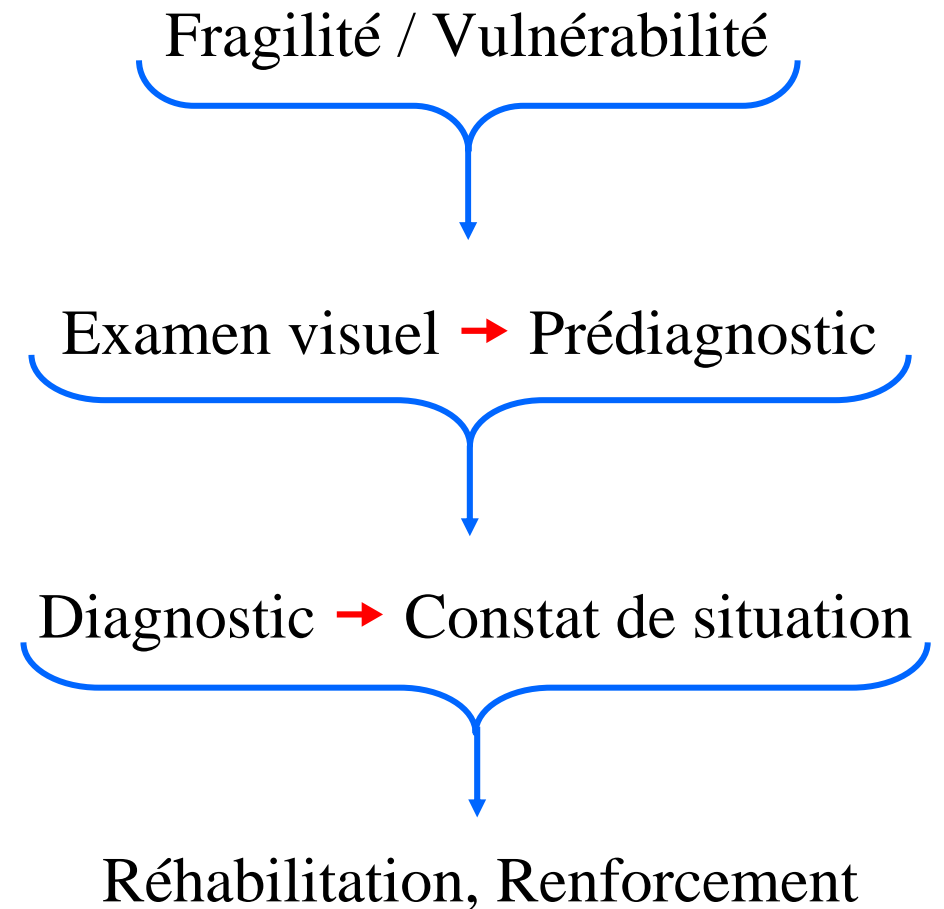
- ▶ Îlots d'habitations dans le centre des vieilles villes

Bâti isolé

- ▶ Edifices religieux
- ▶ Bâtiments d'habitations
- ▶ Bâtiments tertiaires et industriels

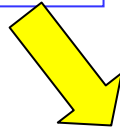
Monuments historiques

- ▶ Châteaux
- ▶ Palais
- ▶ Edifices religieux



Vulnérabilité

d'un bâtiment unique → diagnostic



Est la sensibilité à l'action sismique des bâtiments supposés isolés.

Le retour d'expérience à mis en évidence l'aspect aléatoire de la vulnérabilité :

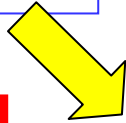
ainsi deux constructions parfaitement identiques d.p.d.v. de la conception et de l'exécution et soumises à la même action sismique peuvent être affectées d'une manière très différente.

La vulnérabilité représente la tendance d'endommagement d'une construction face à un seul évènement sismique.



Fragilité

d'un ensemble de bâtiments → **microzonage**



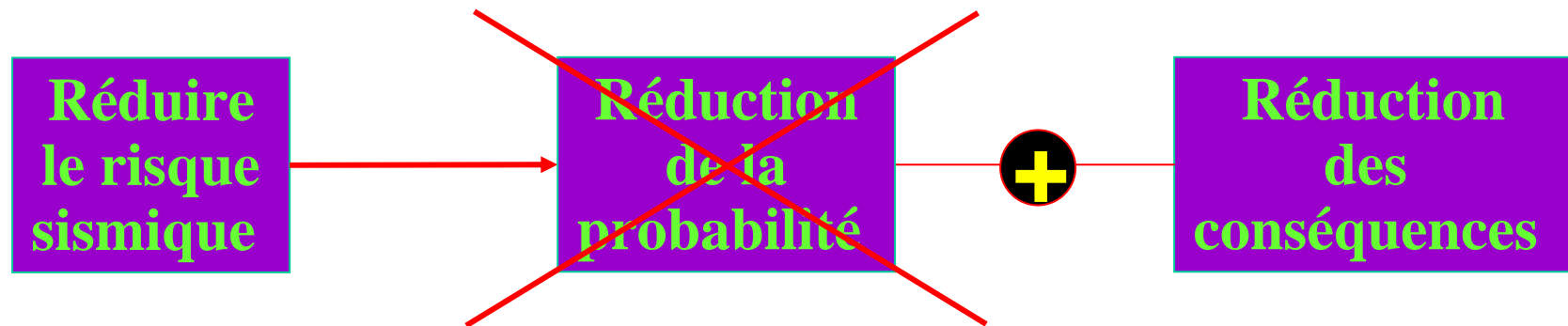
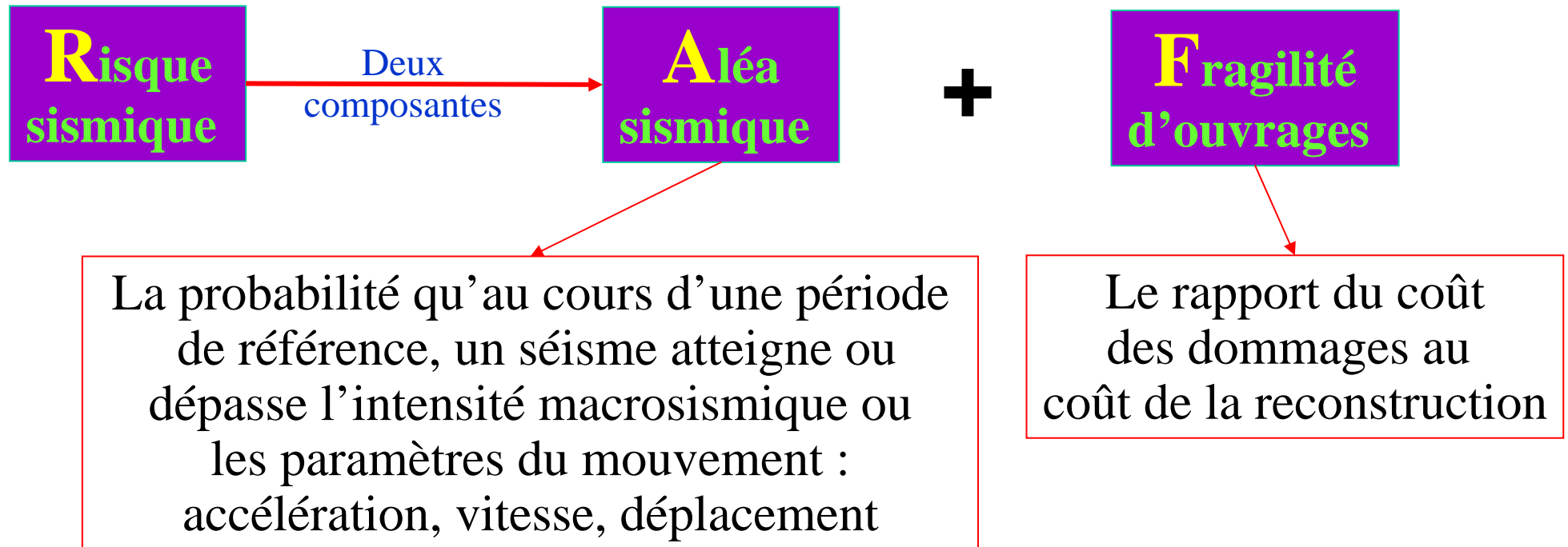
D'une « population » de bâtiments, d'ouvrages d'art ou de réseaux, est le rapport :

coût dommages / coût du remplacement

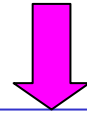
Ce rapport dépend du niveau de l'action sismique



$$R = A \times F$$



Choix de l'action sismique spécifique



Les niveaux d'accélération peuvent être choisis suite à une étude spécifique toutefois le niveau maximal ne doit pas dépasser celui susceptible de se produire dans la région considérée



Eurocode 8-1 Bâtiments nouveaux

Exigences de performances		Critères de conformité
<p>Exigence de non-effondrement NC – 475 ans ??</p> <p>Les accélérations EC8 sont des accélérations forfaitaires définies par arrêté et ne sont associées qu'en théorie à 475 ans (NC). Elles correspondent, d'après les modèles physique, à des périodes de retour beaucoup plus grandes (1000 à 3000 ans)</p>		Etats limites ultimes
Exigences de limitation des dommages DL – 95 ans	Etats limites de limitation de dommages au delà desquelles certaines exigences d'utilisation ne sont plus satisfaites	

Eurocode 8-3 Bâtiments existants

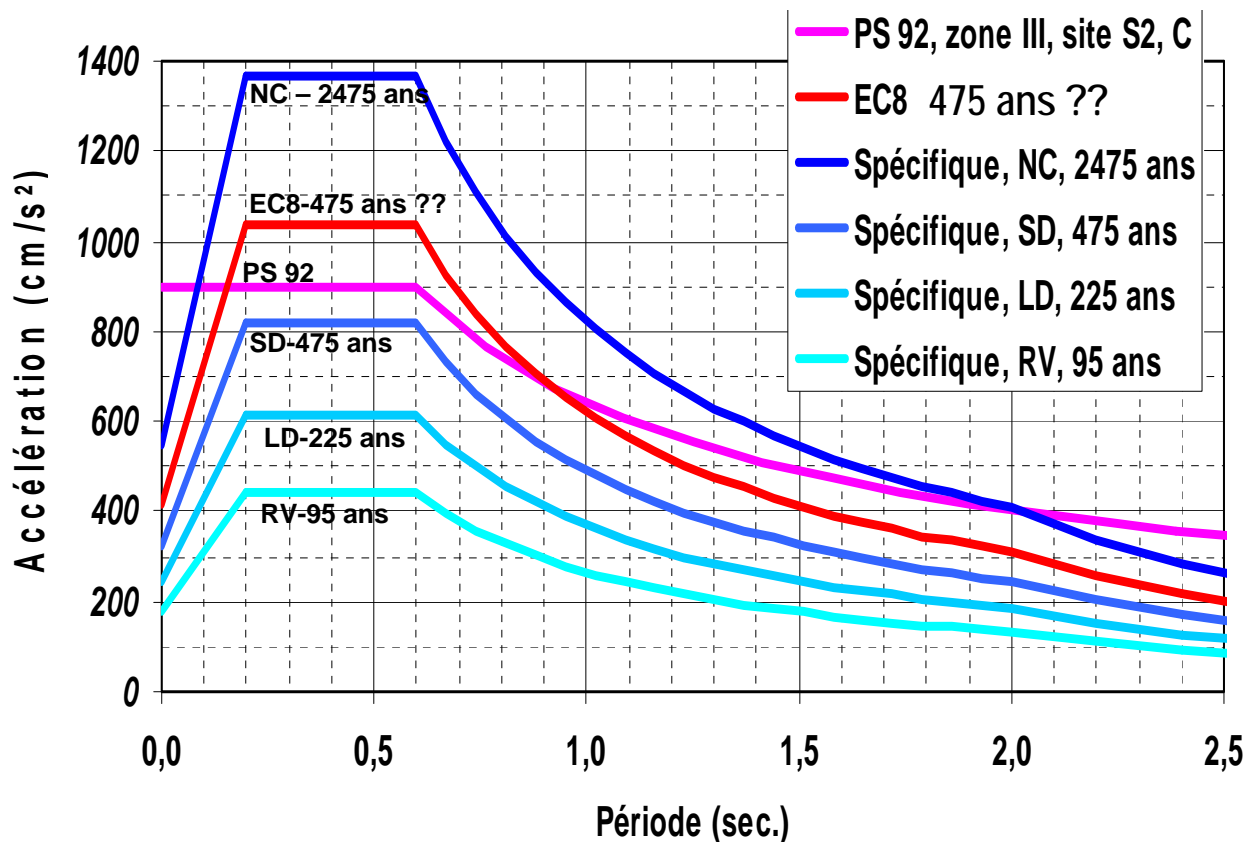
Exigences fondamentales font référence à l'état d'endommagement de la structure	Critères de conformité
<p>Exploitation maxi. de la capacité de déformation des éléments structuraux</p> <p>Quasi-effondrement NC – 2475 ans</p>	Etats limites de quasi-effondrement
<p>Dommage significatif SD – 475 ans</p>	Etat limite de dommages significatifs
<p>Limitation des dommages DL – 225 ans</p>	Etat limite de limitation des dommages
<p>Réduction de la vulnérabilité RV – 95 ans</p>	A valider à partir de la capacité résistante de la structure



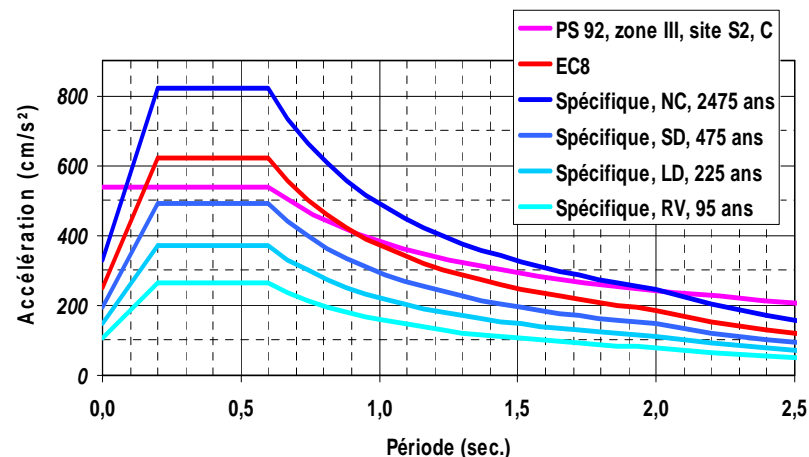
- (NC)** : 2475 ans, le spectre correspondant à une probabilité de dépassement de 2% en 50 ans,
- (SD)** : 475 ans, le spectre correspondant à une probabilité de dépassement de 10% en 50 ans,
- (DL)** : 225 ans, le spectre correspondant à une probabilité de dépassement de 20% en 50 ans
- (RV)** : 95 ans, le spectre correspondant à une probabilité de dépassement de 40% en 50 ans



COLLEGE DILLON 1. MARTINIQUE
 Comparaison des spectres normatifs/spécifiques (site S2, classe C/III).



COLLEGE DILLON 1. MARTINIQUE
 Comparaison des spectres normatifs/spécifiques (site S2, classe C/III).
 Avec application du coefficient réducteur de 0.6



Exigence en cas de travaux, bâtiments nouveaux →

Accélérations d'ancrage cm/s ²		
Nominales / Plateau		x 0,60
PS92	/ 900	/ 540
EC8-475 ?	414 / 1034	248 / 620
NC-2475	546 / 1365	328 / 820
SD-475	327 / 817	196 / 490
DL-225	246 / 616	148 / 370
RV-95	177 / 443	106 / 266



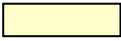


DYNAMIQUE
 CONCEPT


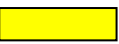
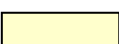
Victor DAVIDOVICI

Niveau « 0 » du Renforcement progressif →

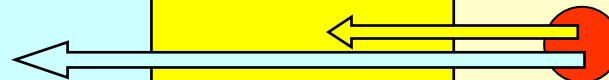
PS92		EC8 + Nouveau zonage		Accélérations au niveau du sol spécifiques aux sites, extraites de l'étude GEOTER			
Site	Accélération d'ancrage	Site	Accélération d'ancrage \cong 475 ans (NC)	975 ans	475 ans (SD)	225 ans (DL)	95 ans (RV) \cong Séisme 29/11/2007
S0	0,40 g	A	0,30 g	0,32 g	0,25 g	0,19 g	0,14 g
S1		B	0,36 g	0,38 g	0,30 g	0,22 g	0,16 g
S2	0,36 g	C	0,35 g	0,43 g	0,33 g	0,25 g	0,18 g
S3	0,32 g	D	0,41 g	0,47 g	0,36 g	0,28 g	0,20 g

-  (SD) Renforcement définitif
-  (DL) Renforcement conservatoire
-  (RV) Amélioration de structures pour la réduction de la vulnérabilité



-  **(SD)** Renforcement définitif
-  **(DL)** Renforcement conservatoire
-  **(RV)** Amélioration de structures pour la réduction de la vulnérabilité \approx Séisme 29 novembre 2007
Niveau de renforcement à valider à partir de la capacité sismique résistante

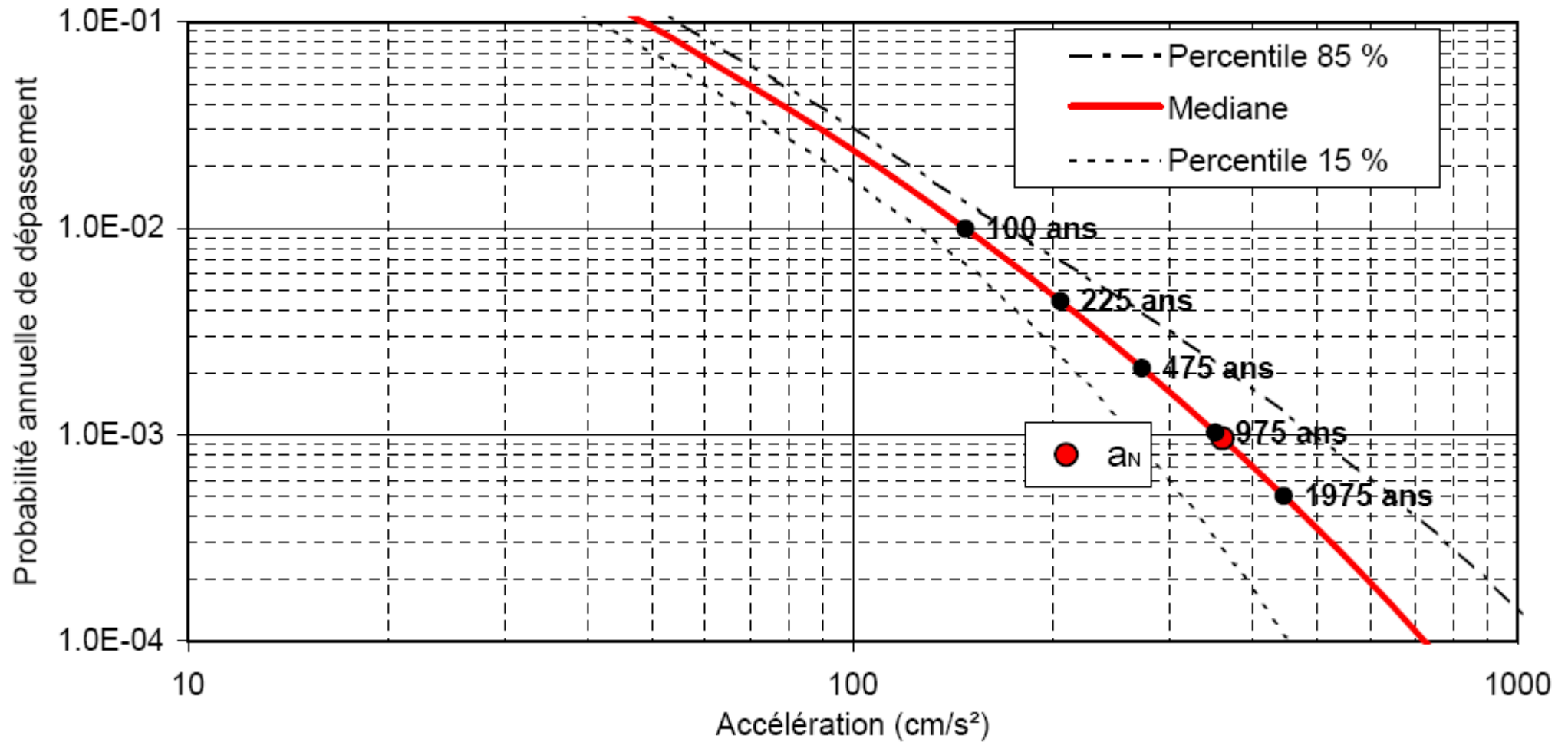
Site	Accélérations du plateau / $q = 1,5$		
	475 ans (SD)	225 ans (DL)	95 ans (RV)
A	0,42 g	0,31 g	0,23 g
B	0,49 g	0,37 g	0,27 g
C	0,56 g	0,42 g	0,30 g
D	0,61 g	0,46 g	0,33 g



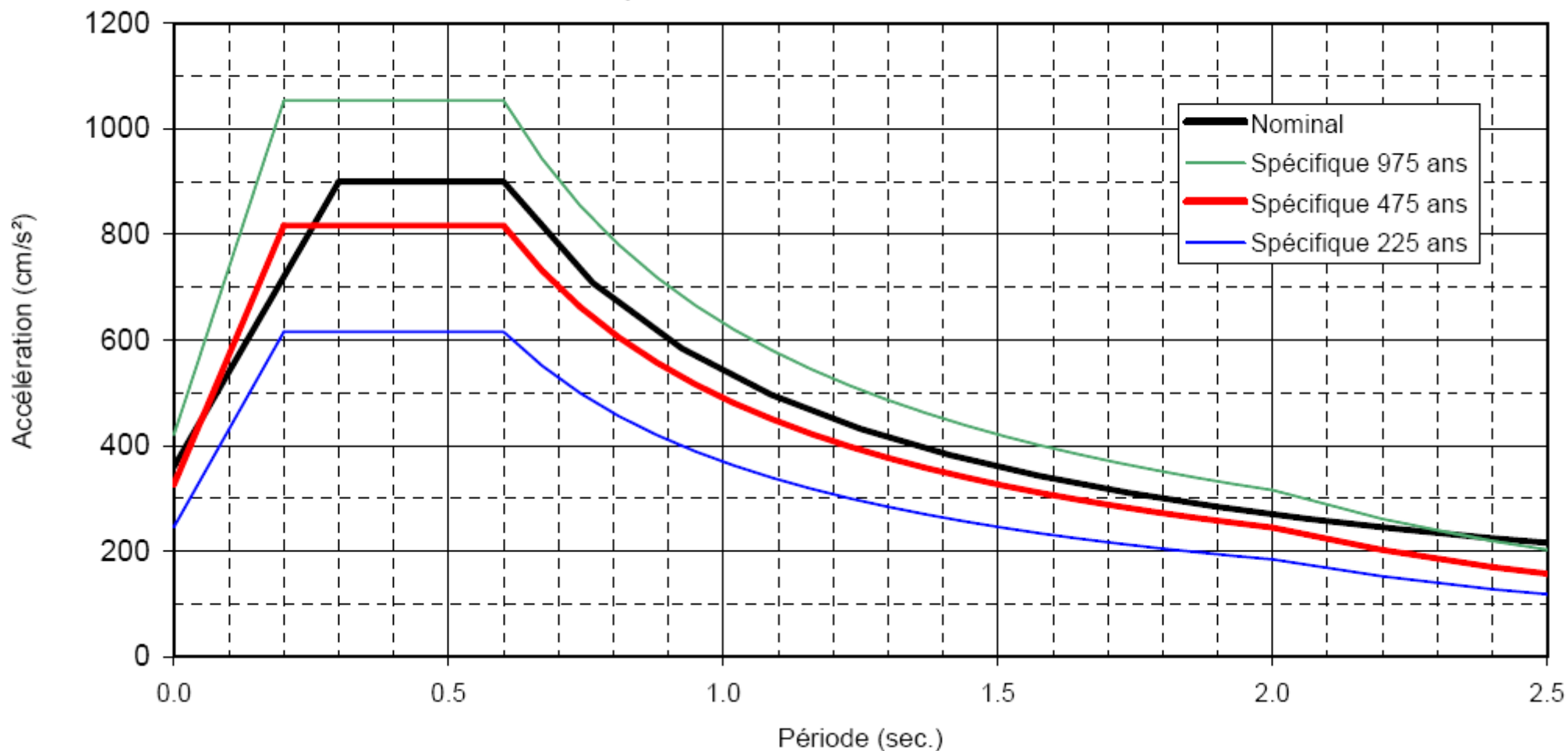
Renforcement progressif

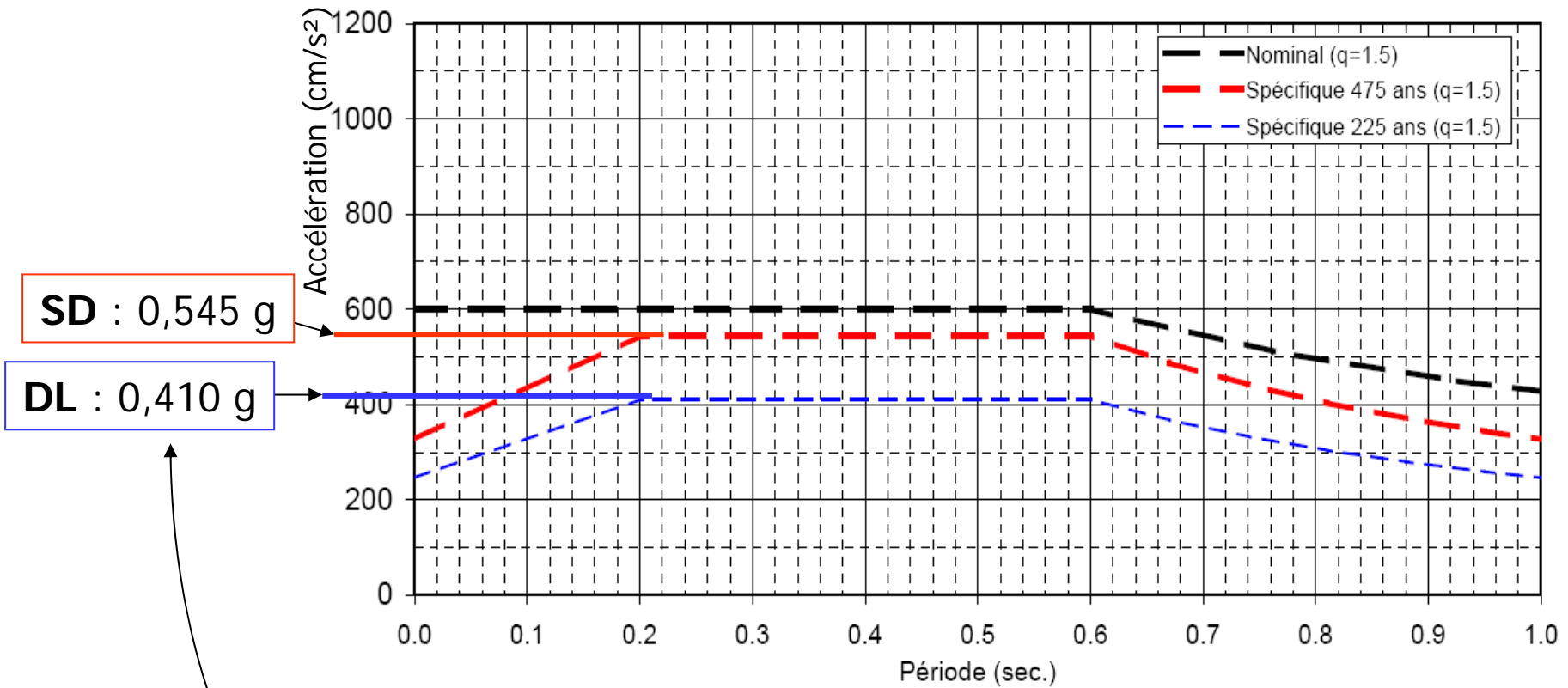


COURBE D'ALEA PROBABILISTE SPECIFIQUE



SPECTRE ELASTIQUE NOMINAL PS92 - C / III COMPARE AUX SPECTRES SPECIFIQUES PROPOSES POUR LE RENFORCEMENT





Site	Accélérations du plateau / q = 1,5		
	475 ans (SD)	225 ans (DL)	95 ans (≅ au séisme du 29/11/2007)
A	0,42 g	0,31 g	0,23 g
B	0,49 g	0,37 g	0,27 g
C	0,55 g	0,41 g	0,30 g
D	0,61 g	0,46 g	0,33 g

	TB (sec.)	TC (sec.)	TD (sec.)	Acc. Plateau (cm/s²)
Spectre nominal PS92 - C / III	0.30	0.60	3.85	600
Spectre spécifique 475 ans	0.20	0.60	2.00	545
Spectre spécifique 200 ans	0.20	0.60	2.00	410

Eurocode 8-3 Bâtiments existants

Exigences fondamentales font référence à l'état d'endommagement de la structure	Critères de conformité
Exploitation maxi. de la capacité de déformation des éléments structuraux Quasi-effondrement NC – 2475 ans	Etats limites de quasi- effondrement
Dommmage significatif SD – 475 ans	Etat limite de dommages significatifs
Limitation des dommages DL – 225 ans	Etat limite de limitation des dommages
Réduction de la vulnérabilité RV – 95 ans	

Niveau souhaitable



Niveau 0

 du Renforcement progressif écoles


Coefficient de comportement : $q = 1,5$



Quel est le **N**iveau de **R**isque **A**ceptable ou le **N**iveau de **P**rotection **S**ouhaité

→ Une relation doit être établie entre le montant que la collectivité est prête à investir pour la protection contre les séismes et l'amplitude du désastre social et économique qu'elle est prête à supporter.

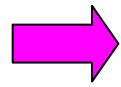




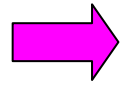
Disposant d'une représentation probabiliste de
l'aléa local et du coût de la protection,
et étant entendu qu'il n'y a de protection absolue possible,
la décision en matière de niveau de protection relève
d'un compromis économique et éthique



Le compromis économique et éthique se pose dans les termes suivants



Soit il n'y a rien à faire, le renforcement ou la réparation étant trop importantes et la démolition n'est pas d'une première urgence



Soit le bâtiment est « traité », c'est-à-dire (1) renforcé ou (2) démolit et reconstruit après une étude économique dans laquelle les coûts globaux des deux solutions sont comparés



Il s'agit d'abord de définir les priorités de renforcement avant de passer aux phases de prédiagnostic et diagnostic

- ➔ *Il y a lieu de traiter en première urgence les bâtiments dont l'effondrement est probable*
- ➔ *On traite en deuxième urgence les bâtiments pour lesquels des détériorations importantes sont prévisibles avec un danger certain pour les occupants, sans effondrement total*
- ➔ *On ne traite pas les bâtiments pour lesquels les dégâts prévisibles sont limités et ne mettent en danger la vie des occupants*
- ➔ *La vétusté : inutile de s'occuper de bâtiments qui doivent être démolis à court terme*
- ➔ *La servitude : inutile de s'occuper de bâtiments condamnés à disparaître à court terme en raison d'un nouvel aménagement des locaux*

PREDIAGNOSTIC : *Reconnaissance du bâti par examen visuel*

Est l'appréciation qualitative de l'état du bâtiment et donc de son comportement sous l'action sismique

Examen visuel :

- de la structure,
- des éléments non-structuraux
- des bâtiments dans le voisinage

Recherche des documents

Informations concernant le site et le sol de fondations

Calculs simplifiés de prédimensionnement

Propositions de renforcements
Étude du coût

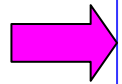


**Quel bâtiment le maitre d'ouvrage
est prêt à « acheter » ?**

**Dans quelles conditions est-il possible de
renforcer ou réparer le bâtiment ?**



DIAGNOSTIC :



Est un constat détaillé de l'état du bâtiment.

Il s'agit donc de faire l'analyse de la résistance à l'action sismique du bâtiment en recherchant et en examinant :

- *les données du site, l'interaction avec les bâtiments voisins,*
- *la qualité des matériaux,*
- *les plans d'architecte, de coffrage, de ferrailage, etc.,*
- *le calcul dynamique le plus adapté,*
- *la faisabilité des différentes solutions de renforcement.*

C'est une démarche complète et coûteuse qui peut être adaptée et éventuellement simplifiée cas par cas, en fonction de la complexité du bâtiment.



DIAGNOSTIC : *validation du dossier*

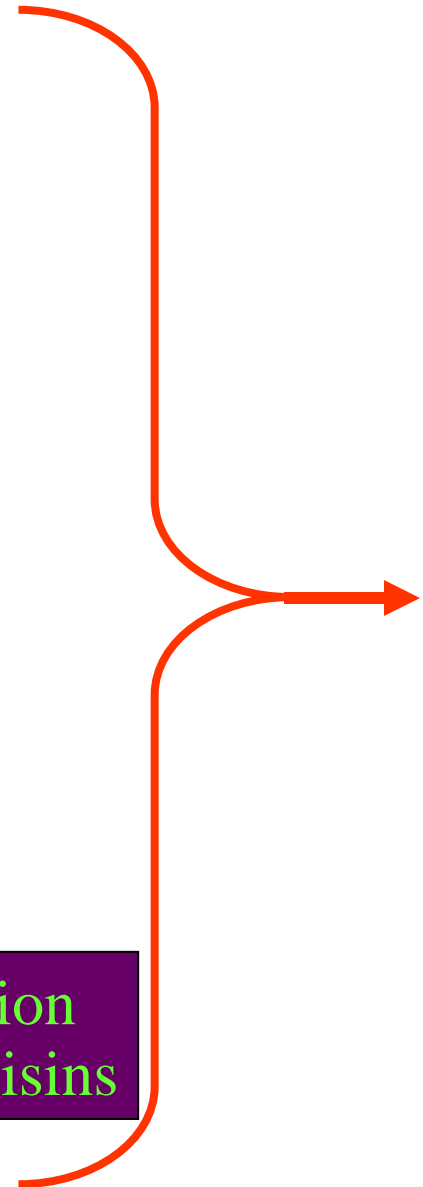
Examen des plans et
des notes de calculs

Vérification des
hypothèses de base

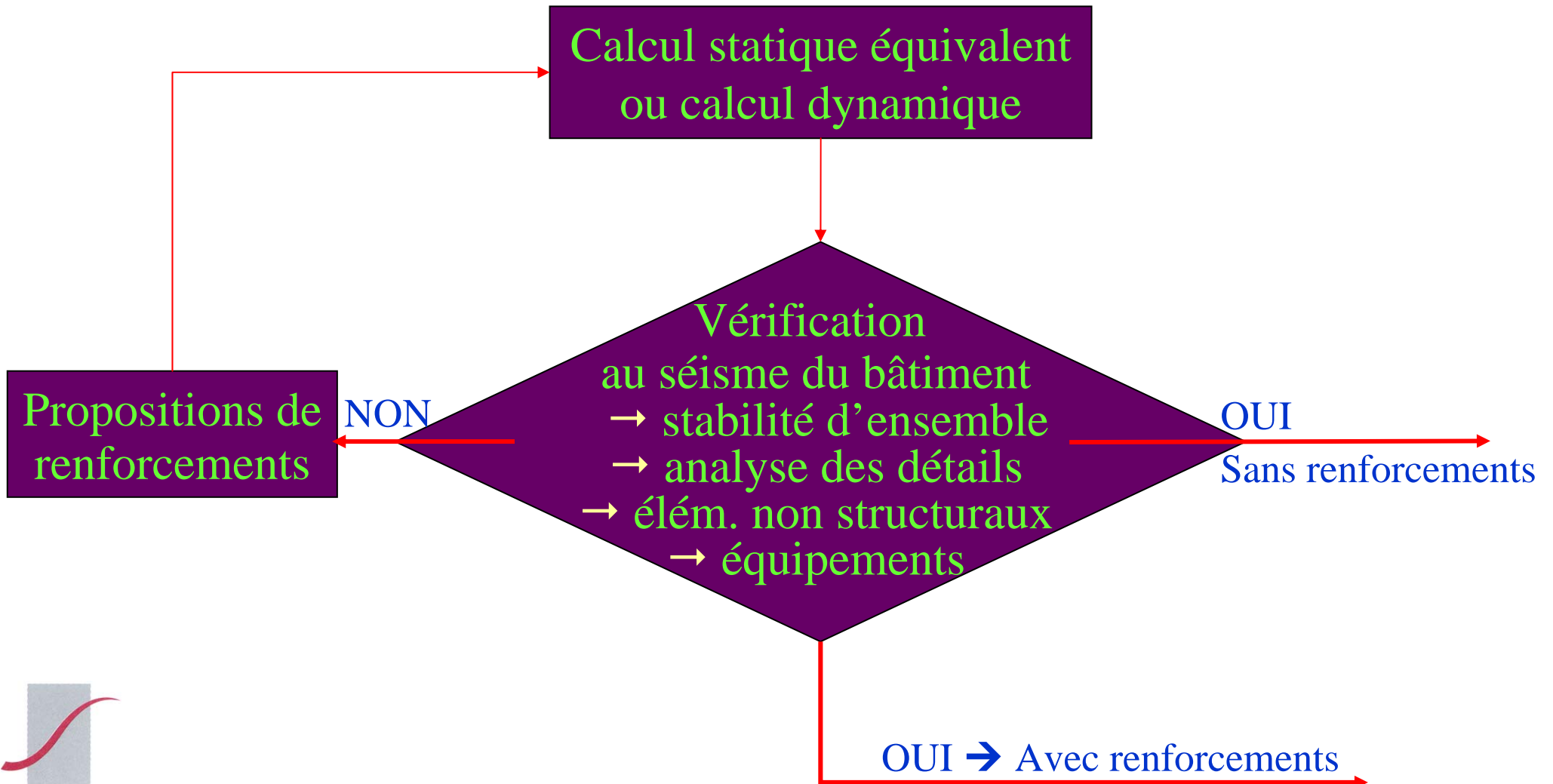
Visite des lieux
et relevés

Analyse du rapport de sol
et du système de fondations

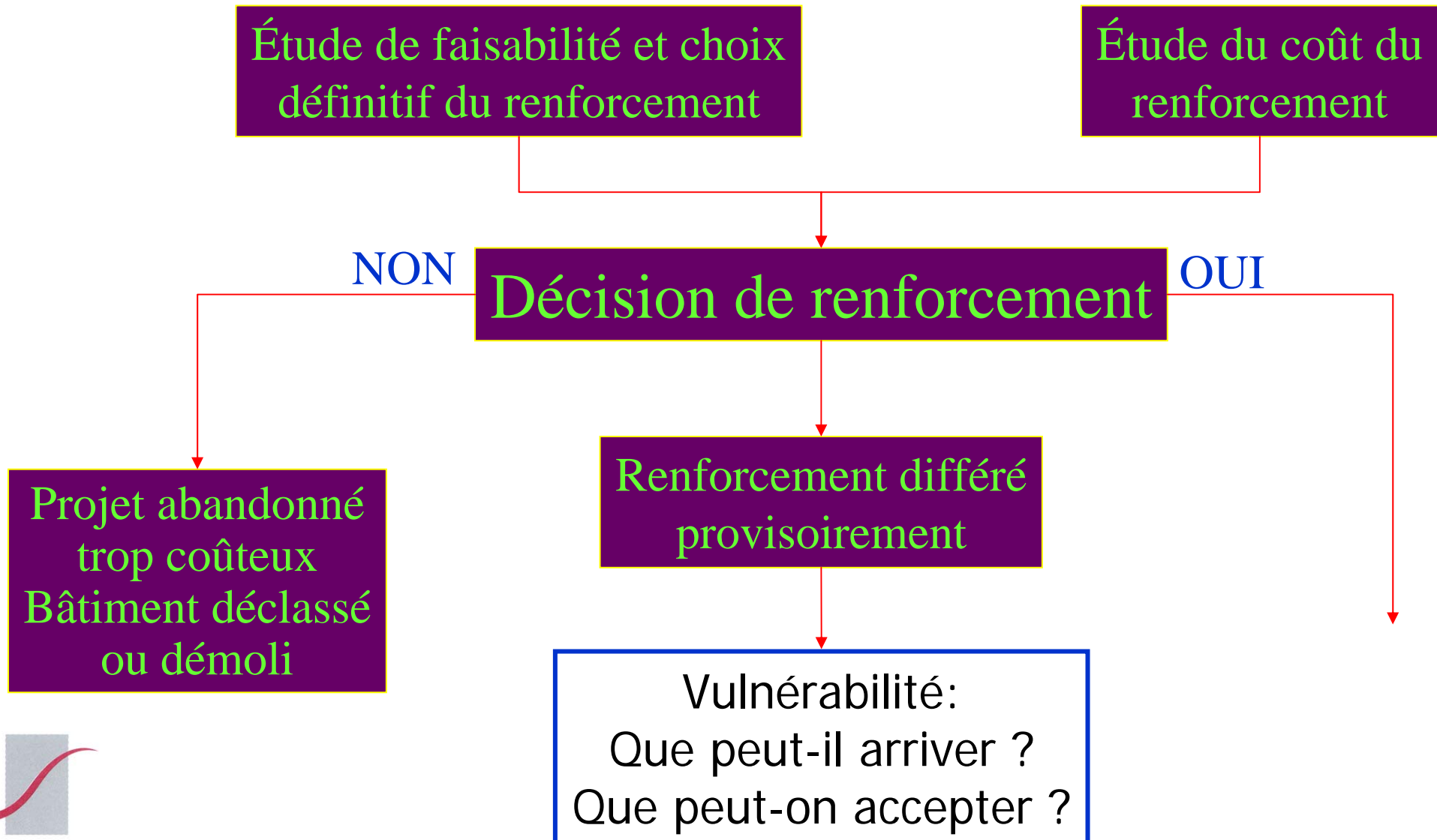
Analyse de l'interaction
avec les bâtiments voisins



DIAGNOSTIC : *calculs*



DIAGNOSTIC : faisabilité / coût / décision



RENFORCEMENT

PROJET D'EXECUTION

➔ Il s'agit de vérifier le comportement au séisme du bâtiment renforcé.

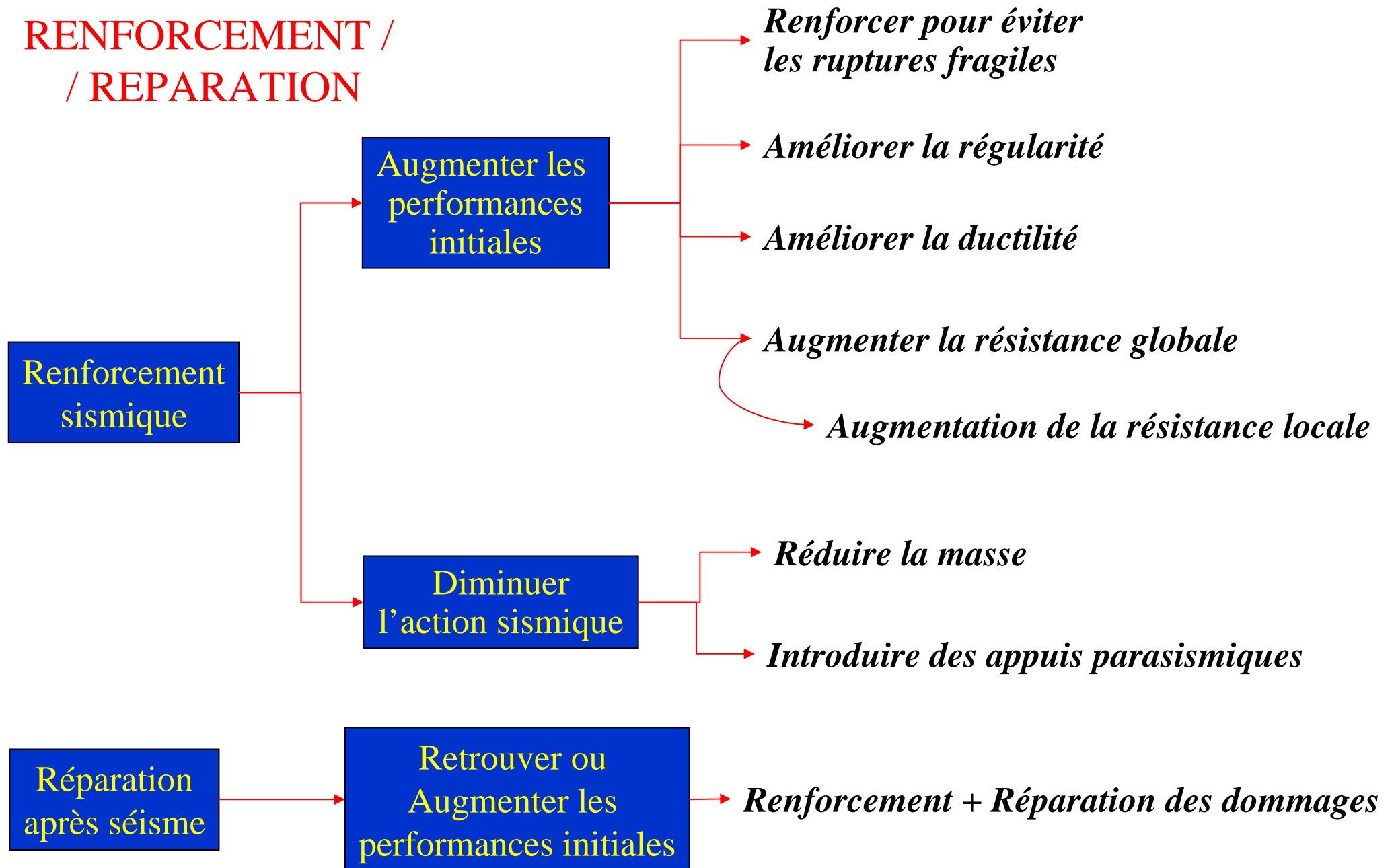
Choix définitif du renforcement

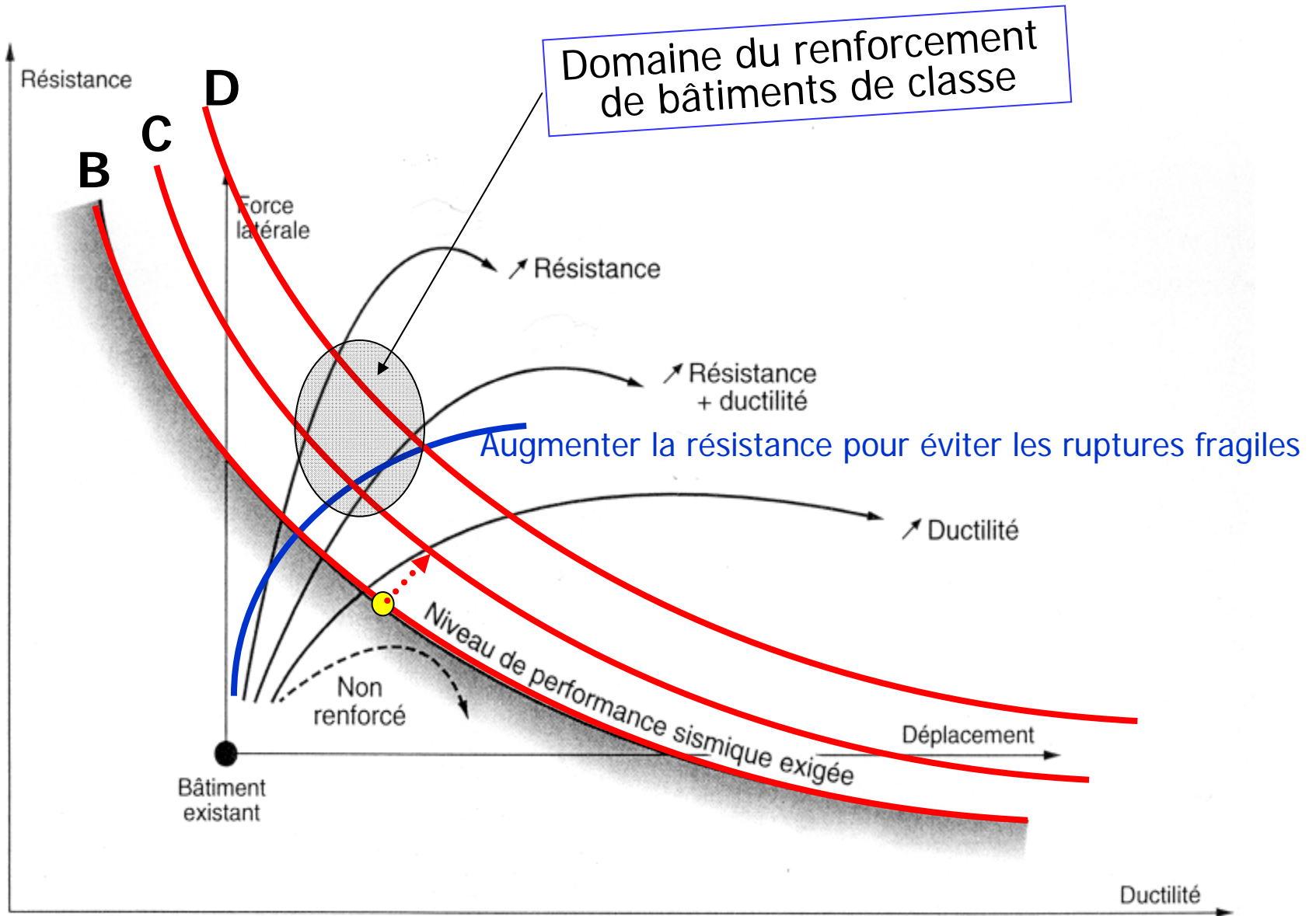
➔ Il faut procéder à l'étude des détails de renforcement et de la méthodologie de la mise en œuvre avec l'établissement des plans d'exécution correspondants

REALISATION



STRATEGIE DE RENFORCEMENT / / REPARATION





RENFORCEMENT / REPARATION

- ➔ Collage de tissu de fibre de carbone : poteaux, poutres, dalles, attentes
- ➔ Précontrainte additionnelle : chaînages,
- ➔ Engravures : dalles,
- ➔ Adjonction de la matière B.A. : chemisage poteaux, chemisage poutres, surépaisseur dalles, doublage murs B.A.
- ➔ Adjonction de la matière C.M. : chemisage poteaux, chemisage poutres, contreventement planchers
- ➔ Renforcement des fondations
- ➔ Renforcement par murs en béton armé
- ➔ Renforcement par une structure en charpente métallique
- ➔ Renforcement des bâtiments en maçonnerie



DYNAMIQUE
CONCEPT