

# *Abrotec*



**DIAGNOSTIC DE FACADES DE L'UNIVERSITE**  
*ANGERS*  
**UNIVERSITE D'ANGERS**

*Abrotec Ile de France* - 8, rue de l'Acadie - 91 978 LES ULIS - Tel : 01.69.35.36.00 / Fax : 01.69.35.36.09

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>2</b>
<b>PRESENTATION .....</b>	<b>3</b>
1. Définition de l'opération.....	3
2. Présentation des ouvrages. ....	3
3. Mission.....	3
4. Documents remis.....	4
5. Conditions matérielles d'exécution et méthodologie. ....	4
6. Rappel des principales causes de la corrosion des aciers dans le béton armé .....	6
<b>RESULTATS DES RECONNAISSANCES .....</b>	<b>7</b>
1. UFR Pharmacie. ....	7
2. IUT (bâtiment D).....	9
3. Bibliothèque Universitaire .....	16
4. UFR Lettres et Sciences Humaines .....	24
5. UFR Sciences, Bâtiment A' et Galeries Extérieures .....	39
<b>PRECONISATIONS ET ESTIMATION FINANCIERE.....</b>	<b>49</b>
1. UFR Pharmacie. ....	49
2. IUT (bâtiment D).....	49
3. Bibliothèque Universitaire .....	50
4. UFR Lettres.....	50
5. UFR Sciences, bâtiment A et Galeries Extérieures.....	51
6. Techniques et conditions contractuelles.....	52
ANNEXE 1 : plan de situation du bâtiment	
ANNEXE 2 : report des désordres et implantation des essais	
ANNEXE 3 : procès verbal des essais sur béton	
ANNEXE 4 : images Ferroskan	

Ind	Date	Etabli par	Modifications	Vérifié par	Approuvé par	Nb de pages
A	24/05/2011	E.PROUST	1 <sup>ère</sup> émission	S.PAJON	S.PAJON	102

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

# PRESENTATION

## *1. Définition de l'opération.*

A la demande et pour le compte de la Direction du Patrimoine Immobilier de l'Université d'Angers, Abrotec a reçu pour mission de mener un diagnostic des façades de plusieurs bâtiments.

## *2. Présentation des ouvrages.*

- Ensemble immobilier au 16 boulevard Daviers (UFR Pharmacie).  
Seule une zone constituée de deux édicules en terrasse était à inspecter. Les désordres visibles sont des fissures et des aciers apparents corrodés.
- Ensemble immobilier au 4 boulevard Lavoisier (IUT).  
Seul le bâtiment D en R+1 était à inspecter. Les désordres visibles sont des épaufrures sur les poteaux de façades, accompagnées d'aciers apparents.
- Ensemble immobilier au 5 rue Lenôtre (Bibliothèque Universitaire).  
L'ensemble des façades est concerné avec comme désordres apparents, des fissures, des éclatements de béton etc...
- Ensemble immobilier au 11 boulevard Lavoisier (UFR Lettres et Sciences Humaines).  
L'ensemble des façades était à inspecter exceptées celles du bâtiment D. Certains planchers d'escaliers extérieurs sont dégradés. Les principaux désordres visibles sont des fissures, des couvre joints défectueux, des colmatages de tirants de banches absents ou visibles, etc...
- Ensemble immobilier au 2 boulevard Lavoisier (UFR Sciences).  
Les éléments concernés sont principalement les poteaux et poutres en béton armé des galeries extérieures couvertes du site. Le désordre principal étant des aciers apparents accompagnés d'éclats de béton.

## *3. Mission.*

La mission de diagnostic confiée à Abrotec se déroule en deux étapes et consiste à, dans un premier temps :

- Relever de façon exhaustive les désordres visibles.
- Apporter une explication quant à leur origine.
- Effectuer, si nécessaire, des sondages et des prélèvements permettant d'étayer les hypothèses de l'origine des désordres.
- Cerner l'ampleur et l'évolution prévisible des désordres.

Dans un deuxième temps, Abrotec doit présenter les préconisations de réparations avec priorisation des travaux et une estimation des coûts.

Une réunion préparatoire s'est tenue le mercredi 16 février avec M.Quemener, de la Direction du Patrimoine Immobilier.

#### ***4. Documents remis.***

Il nous a été remis :

- Le bon de commande
- Le programme des investigations

#### ***5. Conditions matérielles d'exécution et méthodologie.***

##### **1. Dates d'intervention**

La partie inspection s'est déroulée 9 et 10 mars 2011 tandis que la partie diagnostic proprement dite s'est effectuée du 28 au 30 mars 2011.

##### **2. Moyens mis en œuvre**

###### **Recherche des aciers à béton.**

Les enrobages des armatures du béton armé ainsi que leur localisation ont été effectués à l'aide d'un Ferroskan, de la marque Hilti, permettant de détecter les éléments de construction en acier plein (fers à béton, IPN...) ou bien d'obtenir une image du ferrailage de 60 x 60 cm sur une profondeur d'environ 10 cm, par rayonnement électro-magnétique.



Ces recherches ont été complétées par des sondages ponctuels au marteau-piqueur électrique afin d'apprécier l'état de conservation des aciers.

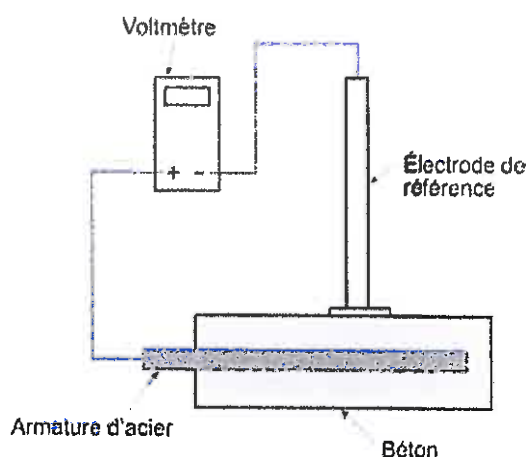
Des prélèvements de béton à la disquetteuse diamant ont également eu lieu pour déterminer certaines caractéristiques du matériau en place : porosité, densité, teneur en ciment, carbonatation etc...

#### Appréhension de la corrosion des aciers à béton armé.

Dès qu'une armature est immergée dans le béton, qui se comporte comme un électrolyte, sa surface est instantanément portée à un certain potentiel électrochimique du fait de l'apparition d'une double couche électrochimique en surface. La différence entre le potentiel du métal et celui de l'électrolyte est appelée potentiel de l'électrode. Lorsque les propriétés de l'électrolyte varient localement (gradient d'humidité, de pH...), son potentiel varie également, générant ainsi des différences de potentiel d'électrode le long de l'armature, ce qui amorce le mécanisme de corrosion.

Le potentiel de corrosion constitué par la demi-pile formée par le béton et l'armature est une tension mesurée par rapport à une électrode de référence placée à la surface du béton, qui constitue l'autre demi-pile. Les différences de potentiel, mesurées en mV, dépendent des conditions de corrosion de l'acier mais également de la carbonatation du béton par exemple, la carbonatation ayant tendance à faire remonter les valeurs vers le positif d'environ 100 mV.

Il ne s'agit que d'une aide au diagnostic, à associer à des prélèvements de béton, de sondages destructifs et à des mesures d'enrobages.



Le tableau suivant résume l'interprétation des mesures de potentiel de corrosion selon la norme ASTM C876-91

<i>Potentiel, de corrosion en mV</i>	<i>Probabilité de corrosion</i>
$\geq -200$	$< 10 \%$ (corrosion peu probable)
De -200 à -350	50 % (corrosion incertaine)
De -350 à -500	50 à 90 % (corrosion très probable)



## **6. Rappel des principales causes de la corrosion des aciers dans le béton armé**

### **➤ La carbonatation**

Les aciers au sein du béton sont normalement à l'abri de la corrosion car elles sont passivées grâce au pH élevé du béton qui est de 12,7 environ. Les structures en béton armé sont soumises dans l'air ambiant à l'action du gaz carbonique. La carbonatation se produit lorsque le gaz carbonique CO<sub>2</sub> pénètre dans le béton et réagit avec le ciment. Des réactions chimiques ont lieu et abaissent le pH aux alentours de 9, exposant les aciers à la corrosion. Cette vitesse de corrosion est très variable ; elle est d'autant plus rapide que la concentration en ions chlorures est importante. En se corrodant, il se forme à la surface des aciers un phénomène appelé « feuilletage » qui provoque par expansion la fissuration du béton et son éclatement.

Le phénomène de carbonatation est étroitement lié à la porosité du béton qui est de 9 à 13 % environ pour un béton de bonne qualité.

La carbonatation du béton se mesure directement à l'aide de phénolphthaléine sur l'échantillon de béton.

### **➤ Le manque d'enrobage**

L'enrobage des armatures est soumis à des règles de construction, en particulier par rapport à l'exposition de l'ouvrage. Dans le cas présent, un enrobage de 3 cm est souhaitable. Un manque d'enrobage conduit les aciers à se corroder rapidement au contact de l'humidité ambiante et du gaz carbonique de l'air.

Il existe d'autres causes, principalement d'origine chimique (chlorures, sulfates, nitrates, pollution des granulats etc...). Les symptômes engendrés par ces agents chimiques n'ayant pas été observés sur les sites, il ne sera pas évoqué leurs actions dans ce présent rapport.

## RESULTATS DES RECONNAISSANCES

### 1. UFR Pharmacie.

Il s'agit, de parois en béton armé, recouvertes d'un enduit au mortier de ciment sur 1 cm d'épaisseur et d'un enduit bitumineux de 2 à 3 mm. On peut observer un couronnement composé de briques en terre cuite pleines assemblées au mortier de ciment.

Les parois verticales des édicules sur terrasse sont en assez bon état. Les désordres constatés sont quelques aciers apparents de 10 à 20 cm de longueur sur l'édicule supérieur ainsi qu'un décollement généralisé de l'enduit bitumineux au droit des raccords avec le restant de la structure. On peut apercevoir une brique non protégée présentant une desquamation, signe du caractère gélif de la terre cuite.

L'étanchéité des terrasses est constituée de bandes bitumineuses collées à chaud et recouvrant le couronnement. Elle est reprise au niveau des parois verticales à l'aide d'un solin en aluminium.

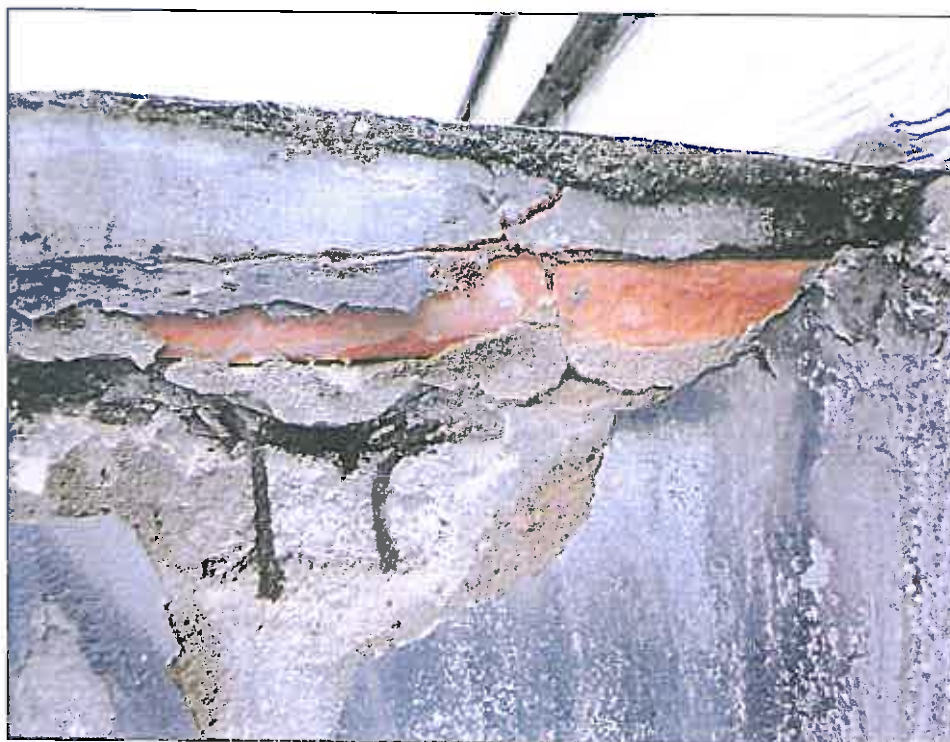
#### • Mesures, sondages, prélèvements.

Un sondage destructif effectué au droit d'un acier corrodé montre que la corrosion s'estompe environ 10 cm après la partie visible de la rouille. On constate également que le matériau béton à cet endroit est très poreux, il s'agit même plus d'un mortier que d'un béton.

Un deuxième sondage destructif sur une paroi verticale saine, sans aucun désordre, montre un acier doux de 6 mm de diamètre en bon état, avec un enrobage de 2,5 cm (par rapport au béton).



*Vue des édicules.*



*Aciers corrodés et briques gélives.*



*Sondage sur aciers corrodés et béton poreux.*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



### ➤ Conclusions.

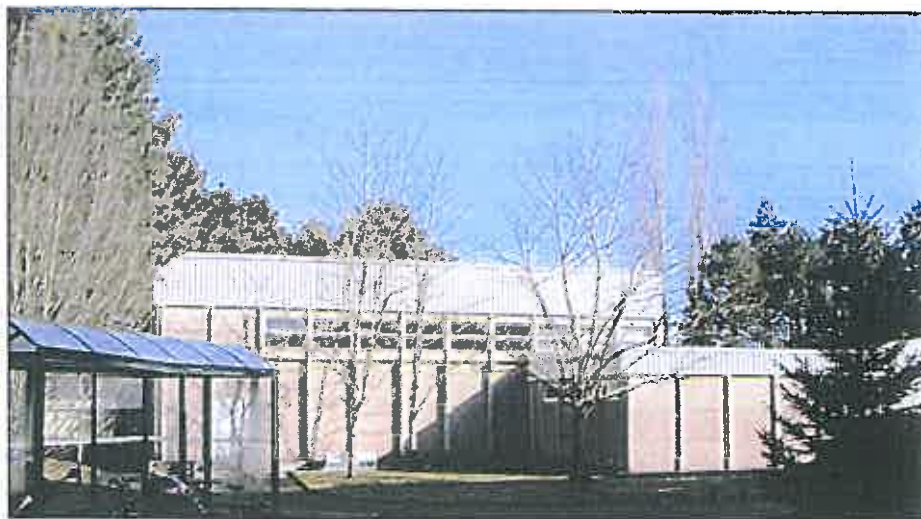
L'ensemble parois/couronnement constitué de différents matériaux crée une surface hétérogène propice aux mouvements différentiels engendrés notamment par les inerties thermiques (béton, briques, mortier). L'enduit bitumineux, très ancien et hors d'usage, n'assure plus sa fonction protectrice du parement. L'absence de couverture au droit du couronnement a favorisé la pénétration des eaux de pluie dans le béton, via les fissures de l'enduit, engendrant la corrosion des aciers, d'autant plus facilement que celui-ci est poreux.

Il n'y a, à moyen terme, pas de problème engendré par les dégradations observées, sur la sécurité des occupants et la résistance mécanique du bâtiment.

L'entretien courant, c'est-à-dire celui pouvant être effectué par le personnel technique de l'Université est inexistant, la rénovation relevant de l'entretien spécialisé.

## 2. IUT (bâtiment D)

Il s'agit d'une structure de type poteaux/poutres en façade, à priori d'origine préfabriquée. Les principaux désordres observés sont des aciers apparents ou/et des fractures situés en majeure partie sur les poteaux. Ce phénomène touche également deux poutres situées en façade latérale, côté boulevard.



Les poteaux mesurent environ 15x20 cm. Le ferrailage est assuré par 3 filants verticaux sur la face avant et au moins 2 sur la face arrière, reliés par des cadres espacés d'environ 15 cm.

### • Mesures, sondages, prélèvements.

L'implantation des essais se trouvent sur les plans de relevés de désordres, en annexe 2.

### • Poteau P1

Le poteau est très fracturé, sur toute sa hauteur, avec des aciers apparents en pied, sur une hauteur d'environ 70 cm. La perte de section est estimée à 20 %. La moyenne des enrobages mesurés est de 2,7 cm. *Enregistrement Ferroskan N°2371*

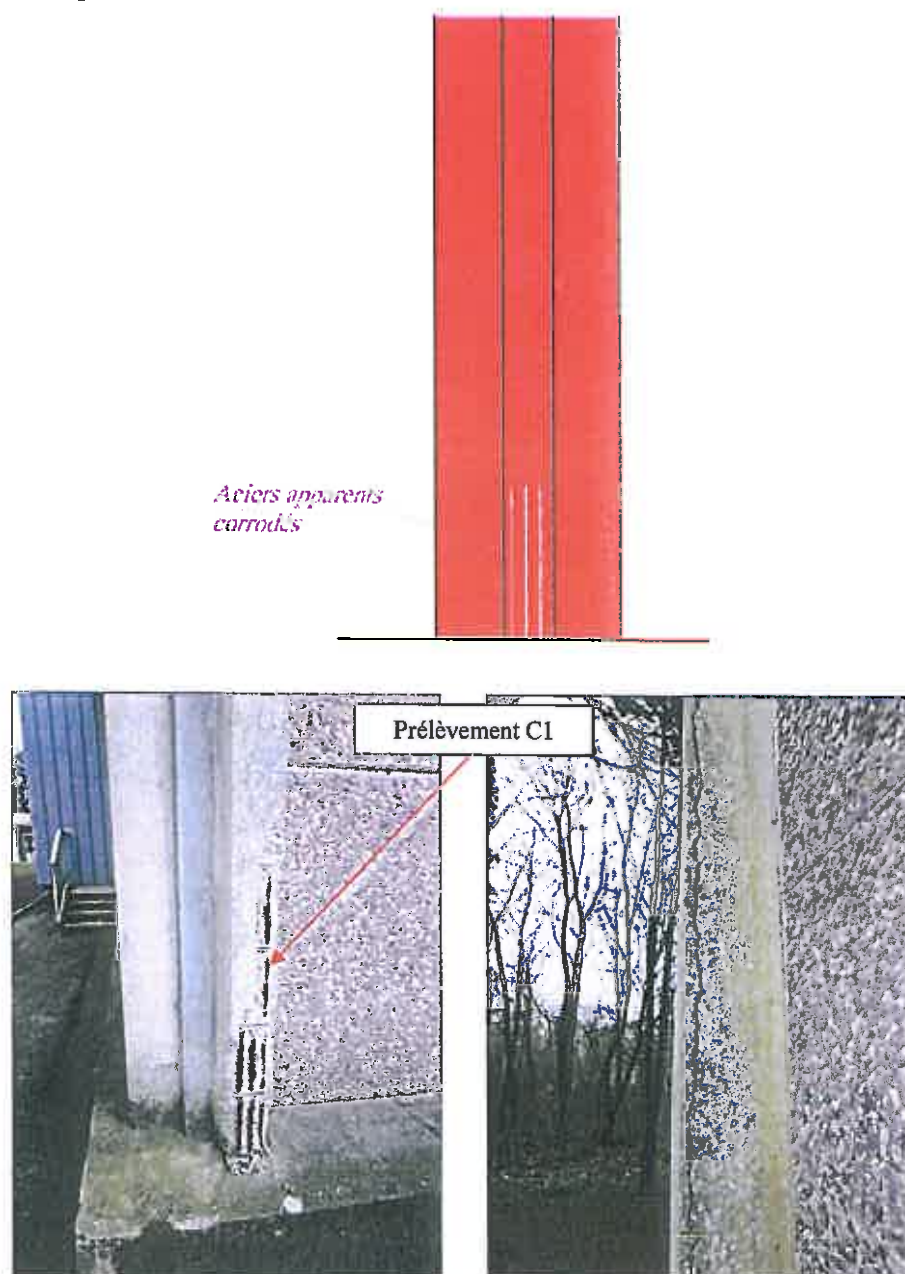
Un prélèvement de béton dénommé C1 a été effectué ainsi qu'une série de mesures au corrosimètre.

Les résultats des essais sur béton sont visibles en annexe 3.

Ils montrent que le front de carbonatation avec une profondeur de 30 mm, a atteint les armatures. Cette progression a été facilitée grâce à une porosité du béton de 19,1 %, faisant chuter la densité à 2150 kg/m<sup>3</sup> pour environ 2300 kg/m<sup>3</sup> pour un béton courant.

Une porosité « normale » se situe entre 9 et 15 % maximum. La teneur en ciment de 199 kg/m<sup>3</sup> est faible. Le dosage que l'on peut attendre dans ce type de structure se situe plutôt autour de 300 kg/m<sup>3</sup>.

Les mesures au corrosimètre révèlent une corrosion étendue aux filants verticaux sur la face avant et arrière, qui ont fait éclater le béton.



- **Poteau P2**

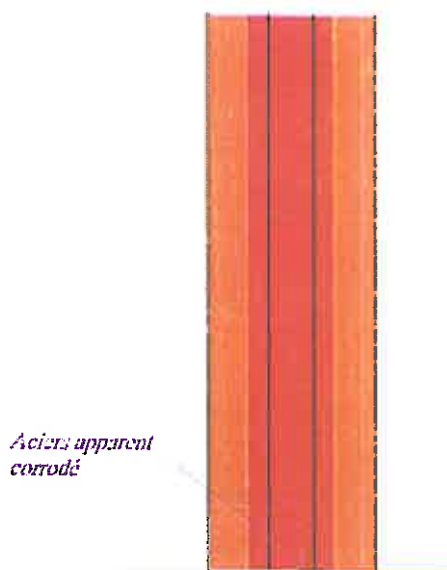
Le poteau est fissuré sur toute sa hauteur, au droit des filants verticaux de la face côté boulevard. Un acier apparent d'environ 20 cm est visible en pied. La moyenne des enrobages mesurés est de 2,5 cm. *Enregistrement Ferroskan N°2368*

Un prélèvement de béton dénommé C2 a été effectué ainsi qu'une série de mesures au corrosimètre.

Les résultats des essais sur béton sont visibles en annexe 3.

Ils montrent que le front de carbonatation avec une profondeur de 33 mm, a atteint et dépassé les armatures. Cette progression a été facilitée grâce à une porosité du béton de 15,7 %, ce qui se situe dans la fourchette haute admissible pour un béton ordinaire. La teneur en ciment de 190 kg/m<sup>3</sup> est faible ce qui amoindrit la résistance mécanique du béton, le faisant éclater très facilement sous la moindre poussée d'acier corrodé.

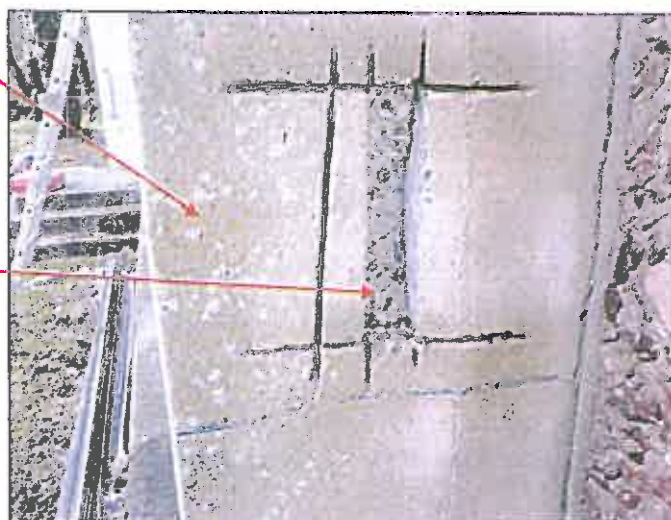
Les résultats du corrosimètre montrent la corrosion le long des filants extérieurs et une incertitude concernant le restant du ferrailage, mais compte tenu de la carbonatation importante du béton, il est très probable que la corrosion est en train de se développer.





Fissure toute  
hauteur

Prélèvement C2



### • Poteau P3

Le poteau est fissuré sur toute sa hauteur, au droit des filants verticaux de la face avant. Des aciers apparents sont visibles un peu partout sur la hauteur. Un sondage destructif au droit d'une fissure en pied de poteau révèle des aciers fortement corrodés. La moyenne des enrobages mesurés est de 2,7 cm. *Enregistrement Ferroskan N°2373*

Un prélèvement de béton dénommé C3 a été effectué ainsi qu'une série de mesures au corrosimètre.

Les résultats des essais sur béton sont visibles en annexe 3.

Ils montrent que le front de carbonatation avec une profondeur de 22 mm, a atteint les armatures. Cette progression a été facilitée grâce à une porosité du béton de 17,1 %. La teneur en ciment de 238 kg/m<sup>3</sup> est plus élevée que pour les deux autres essais mais néanmoins faible.

Les résultats du corrosimètre montrent une corrosion certaine étendue à la totalité du ferrailage.





Fissure toute hauteur

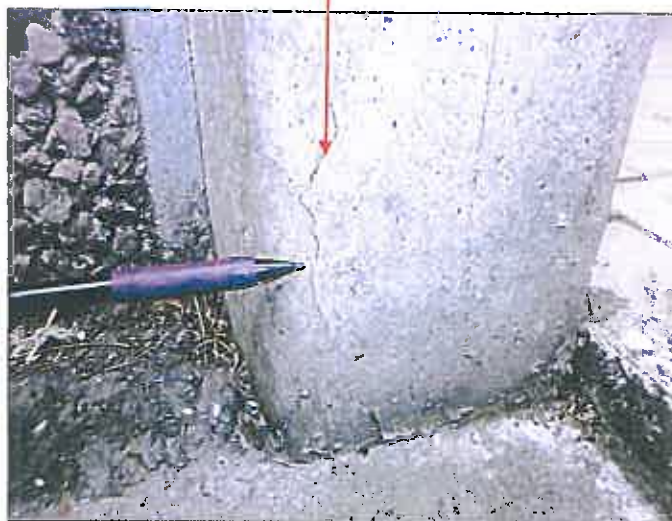
Prélèvement C3



Aciers responsables de la fissure en pied



Fractures sur deux poteaux de la façade « enseignement »



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

• **Poutre PT1**

La poutre située en façade latérale côté boulevard présente une fissuration longitudinale accompagnée d'épaufrures et d'aciers apparents.

Une série de mesures au corrossimètre montrent que la corrosion chemine le long des filants inférieurs et remontent les cadres.



*Aciers apparents  
corrodés*

*Fracture*



Il n'a pas été effectué de prélèvement sur la poutre mais le béton présente la même apparence de porosité avec une multitude de petites bulles correspondant à l'eau évaporée. Le parement de la poutre porte les traces de coulures, signe d'un rajout d'eau dans le béton afin de faciliter la mise en place sur le chantier ou en usine.

➤ **Conclusions.**

Les prélèvements effectués montrent un béton très poreux, présentant un front de carbonatation ayant atteint les armatures. La fissuration quasi générale des poteaux des façades latérales et arrière laisse craindre une corrosion massive du ferrailage en cours ou à venir.

Au vu des dégradations observées, la réparation des éléments structurels est à envisager à court terme (- de 5 ans).

Au titre de la maintenance courante et au regard de la sécurité des occupants du site, il y a lieu de purger le béton menaçant de tomber au niveau des poutres et poteaux. La pose d'étais de part et d'autre des poteaux incriminés serait également utile.



### 3. Bibliothèque Universitaire

Les façades sont constituées de voiles en béton armé.

Les désordres observés sont principalement de deux types :

- ✓ Des aciers apparents.
- ✓ Des fissures visibles surtout sur les parties « 1<sup>ère</sup> phase Etat 1989 » et « 2<sup>ème</sup> phase Etat 1992 ». La partie « 1<sup>ère</sup> phase 1994 Département 1994 » est beaucoup moins touchée.

- Aciers apparents.

Ils résultent d'un manque d'enrobage dans le béton voire même de l'absence d'enrobage, le revêtement de façade ayant été appliqué à même les aciers avec parfois un tissu de pontage intercalé. Il s'agit d'une malfaçon résultant de l'absence de cales de maintien des armatures dans les banches, ce qui a fait se déplacer le treillis durant le coulage.



*Façade Ouest*





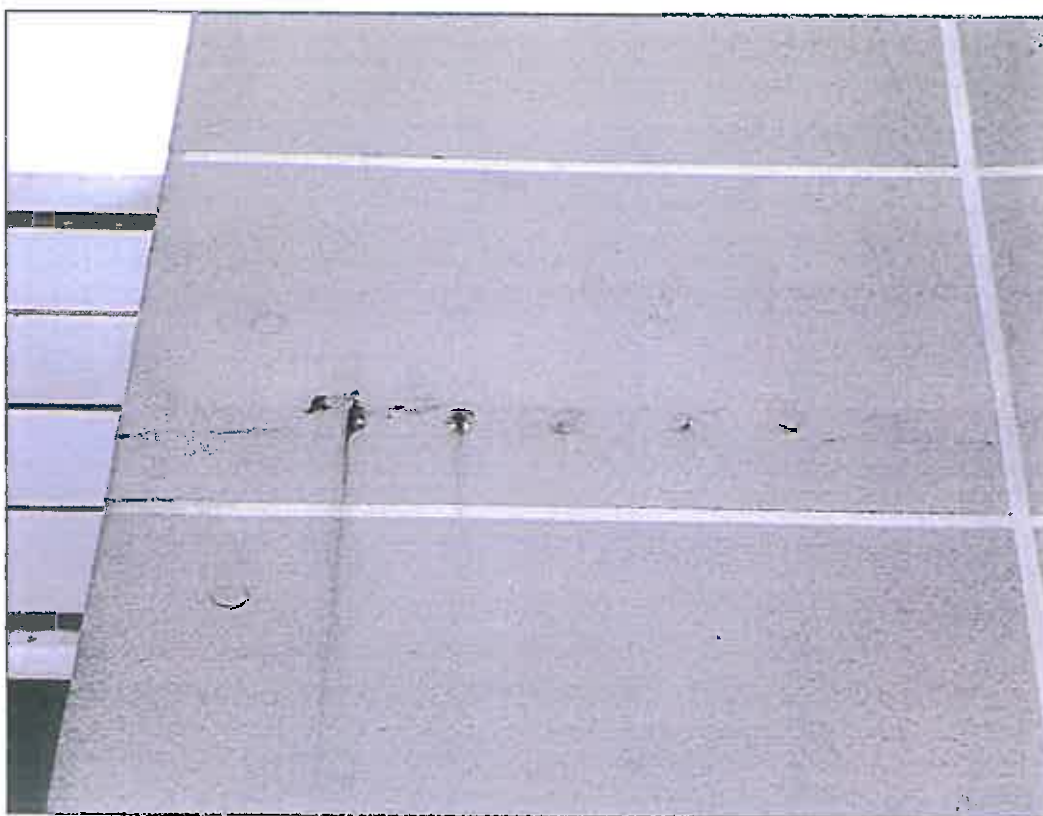


*Façade Ouest*



*Façade Est*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



*Façade Est*

Un autre désordre, les couvre-joints démis en façade Ouest, probablement mal fixés au départ :



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



◦ **La fissuration.**

Elle est principalement verticale, de faible ouverture (autour de 3/10 ème de mm), concentrée en partie basse des façades. Certaines sont pontées du ravalement originel, d'autres sont apparues à postériori. Celles ayant subies un pontage ne se sont pas rouvertes, dans la grande majorité des cas.

Il s'agit de fissures de retrait du béton entre celui des fondations et celui du voile, certainement allié à la prise d'assise des fondations. Ce genre de fissures peut apparaître jusqu'après dix ans la mise en service de l'ouvrage.

Les autres fissures verticales, sous les baies par exemple, laissent plutôt penser à une fissuration de retrait de type plastique apparaissant suite à un ajout d'eau excessif dans le béton ou à un bétonnage par temps chaud, sans la prise des précautions inhérentes.

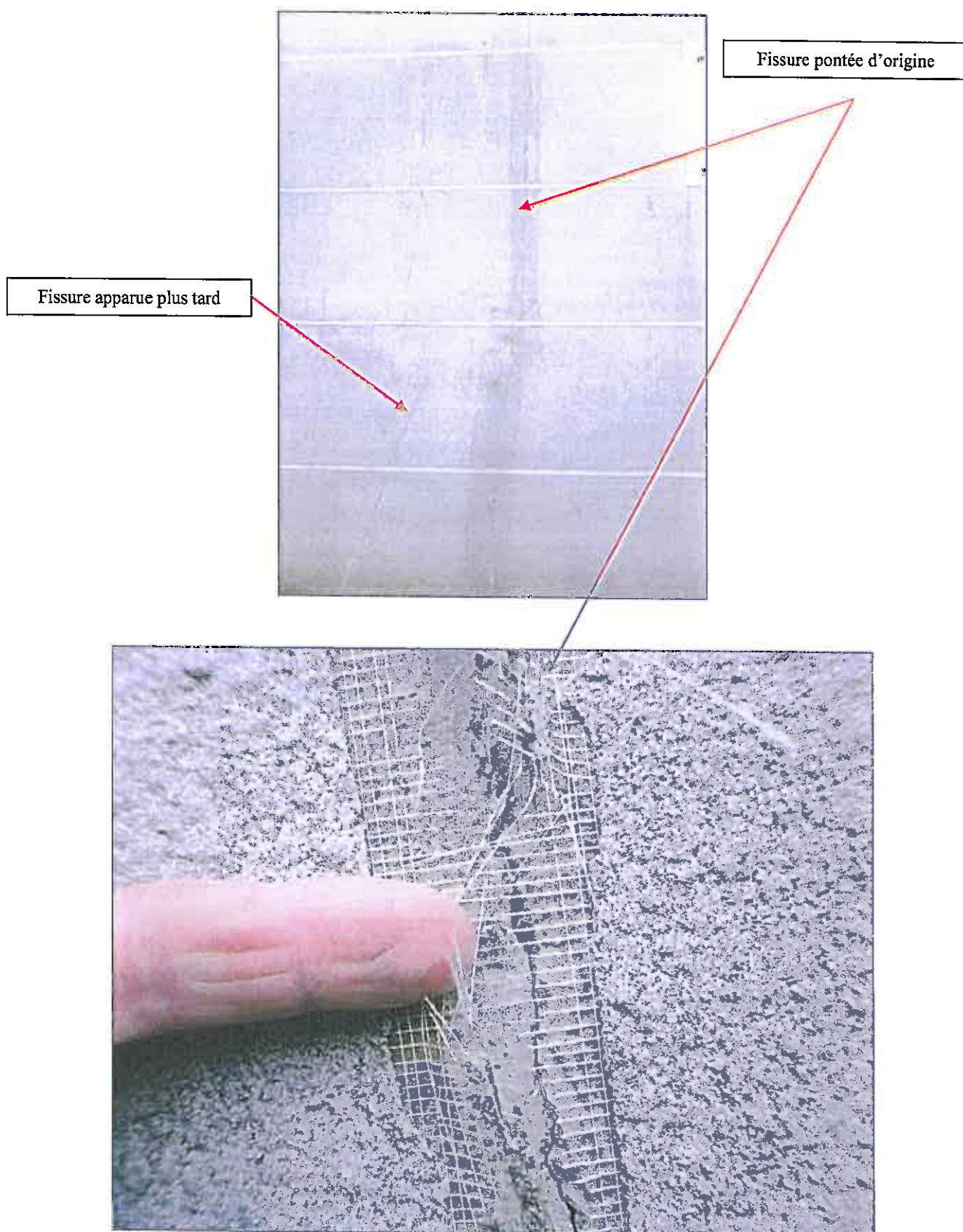
L'inspection réalisée nous permet de dire que cette fissuration s'est stabilisée et reste dans la limite de l'élasticité des armatures. Elle est particulièrement mise en valeur par l'enduit de ravalement très raide qui n'a pas du tout suivi cette déformation mineure.

Les images réalisées au Ferroskan ne montrent pas de problème particulier de ferrailage au droit de ces fissures. Le cas contraire aurait engendré des désordres beaucoup plus importants et rapidement évolutifs. *Images n°2363, 2364*

Ces images sont regroupées en annexe 4.

La fissuration horizontale également observée par endroits correspond quasiment à l'apparition d'un niveau. Il s'agit certainement d'une mauvaise reprise de bétonnage due à une levée tardive des banches d'un étage à l'autre, d'une mauvaise préparation de l'état de surface au moment du coulage du voile de l'étage suivant. Cette fissuration peut également être le signe de fonctionnement structurel thermique lié à la température de fonctionnement des planchers et des façades selon les saisons, engendrant des efforts dans le bâtiment, qui est comme « ceinturé ».



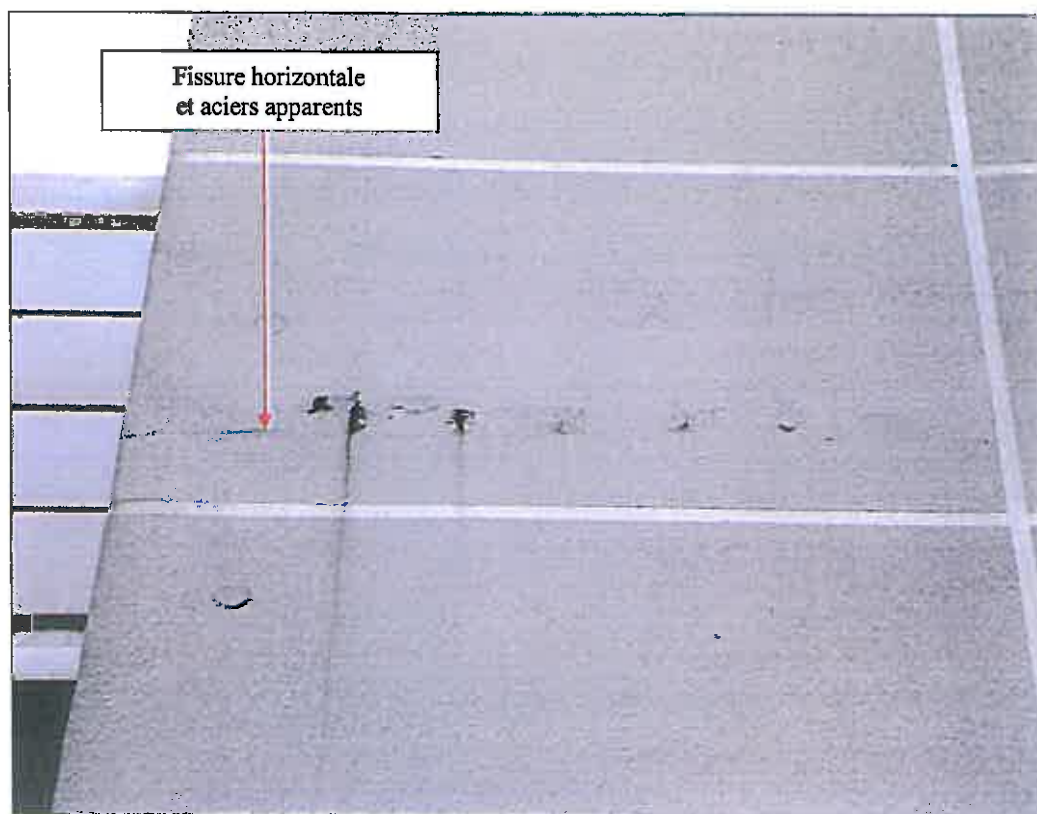


Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.





Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

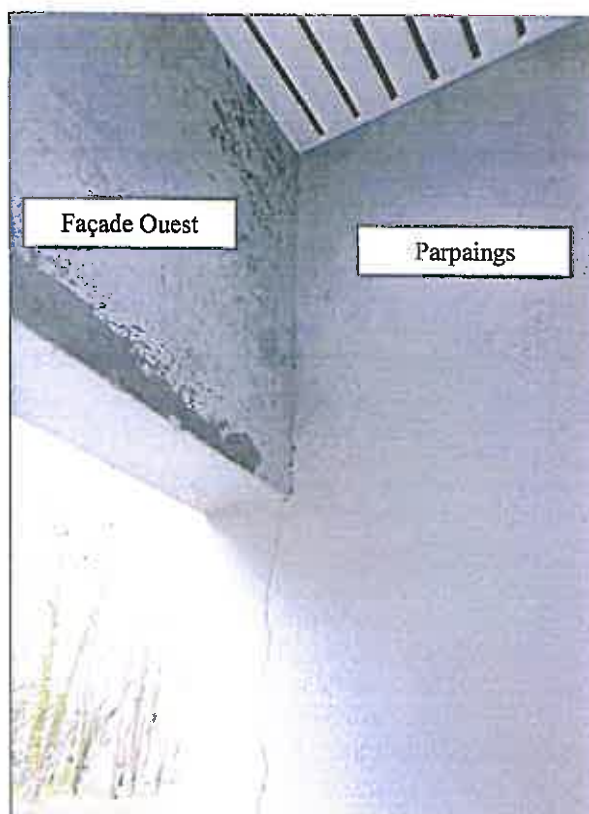


La mise en œuvre des matériaux laisse parfois à désirer, tel ce bouchage d'engravure (?) à l'enduit de ciment, cachant des aciers corrodés, sous-enrobés:



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

De même, certaines règles de l'art ne sont pas respectées. Un sondage effectué sur cette fissure, située entre une cloison en parpaings et le voile en béton ainsi que l'image *Ferroskan n° 2362* montrent l'absence de joint de construction ou d'aciers de jonction entre les deux matériaux :



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



➤ Conclusions.

L'observation et l'analyse des différents désordres montrent une série de malfaçons mineures dans la mise en place du gros-œuvre. L'enduit de façade, très raide, n'a pas suivi l'évolution du retrait du béton et n'a fait qu'augmenter visuellement la fissuration.

La maintenance courante à court terme et en terme de sécurité, consistera à purger les zones où le béton menace de tomber, notamment au niveau des aciers corrodés.

La rénovation des façades passera par le pontage et/ou l'injection des fissures les plus importantes et par un ravalement adapté.

Une isolation par l'extérieur peut également être envisagée, au regard de la réglementation énergétique toujours plus contraignante.

#### 4. UFR Lettres et Sciences Humaines

La structure de cet ensemble est constituée de façades en béton armé, principalement sous forme de voiles. Les parties donnant sur le boulevard Lavoisier comprennent également des poteaux en béton armé au droit des amphithéâtres.

Les désordres observés sont :

- ✓ Des aciers apparents.
- ✓ Une fissuration verticale et/ou horizontale en partie courante de voiles ou au droit de pignons.
- ✓ Des rebouchages de réservations de tirants de banches expulsés de leur logement.

• Aciers apparents.

Comme pour le Bibilothèque, les explications sont les mêmes : un manque d'enrobage dans le béton voire même l'absence d'enrobage, le revêtement de façade ayant été appliqué à même les aciers avec parfois un tissu de pontage intercalé. Il s'agit d'une malfaçon résultant de l'absence de cales de maintien des armatures dans les banches, ce qui a fait se déplacer les aciers durant le coulage.







Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

**Abrotec** – Diagnostic de structures n° PA10 6184

◦ La fissuration.

La fissuration observée ici à plusieurs causes.

- Celle liée à une mauvaise reprise de bétonnage telle que l'on peut la voir sur les façades côté boulevard, entre les poteaux et les voiles. Les images réalisées au Ferroskan ne montrent pas de problème particulier de ferrailage au droit de ces fissures. *Images n°2358, 2357*
- Reprises également visibles un peu partout horizontalement au niveau des étages, au dessus de linteaux etc... Cette fissuration est caractéristique de part son côté très rectiligne. Les vérifications des ferrillages à ces niveaux ne montrent pas de problème particulier. *Images n°2359, 2360*
- Certaines fissures sont uniquement du fait des aciers corrodés présents sous l'enduit de façade et font éclater celui-ci.
- Les retours de pignons présentent une fissuration verticale montrant une ouverture plus importante en haut qu'en bas et soulignant l'épaisseur du voile de façade. Les séries d'images du ferrailage au Ferroskan réalisés au droit des fissures, sur toute la hauteur montrent un manque d'aciers de liaison entre les parois mais la présence d'un chaînage vertical n'est pas remis en cause. Ce manque d'aciers est plus important en partie supérieure. Cette fissuration est observable au niveau d'un angle de façade sur deux.  
*Images Ferroskan n° 2344 (en haut), n°2353 (en bas) PLOT A*  
*Image n°2350 (en haut) PLOT A (amphi)*  
*Image n°2346 (en haut), n°2354 (en bas) PLOT B*  
*Image n°2355 (en bas) PLOT C (pas de fissure)*  
*Image n°2347 (en haut) PLOT C*
- Un certain nombre de « 'reprofilages » d'éléments effectués à l'enduit ne tiennent pas dans le temps et se fissurent.

La fissuration verticale en pied de voiles, de faible ouverture (autour de 3/10 ème de mm), que ce soit au niveau des voiles des façades sur amphithéâtres ou au droit d'ouverture côté Bibliothèque Universitaire. Certaines sont pontées du ravalement originel, d'autres sont apparues à postériori. Celles ayant subies un pontage ne se sont pas rouvertes, dans la grande majorité des cas. Les images réalisées au Ferroskan ne montrent pas de problème particulier de ferrailage au droit de ces fissures. Le ferrailage paraît discontinu localement au droit d'une jonction poteau/voile.

*Image n°2352*

Ces images sont regroupées en annexe 4.

Il s'agit plutôt de fissures de retrait du béton, allié à la prise d'assise des fondations. Ce genre de fissures peut apparaître jusqu'après dix ans la mise en service de l'ouvrage.

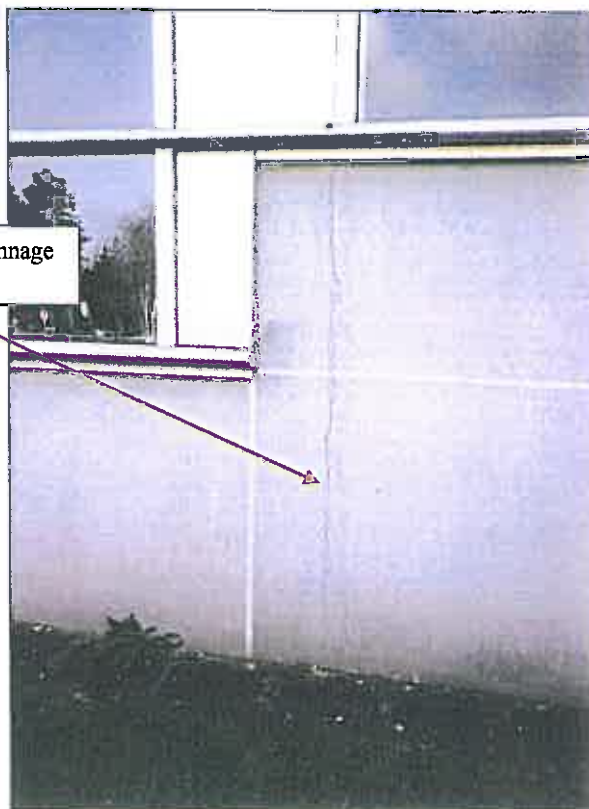
• Autres désordres.

- Les couvre-joints de dilatation sont défectueux, certainement mal fixés d'origine.
- Le bouchage des réservations de tirants de bandes à l'aide de bouchons en plastique n'a pas tenu. Le plastique des bouchons, en se dilatant, expulse le mortier ou l'enduit de façade.
- La mauvaise mise en œuvre des bandes a créé l'apparition de décalage horizontaux, pontés à la hâte.
- Des rebouchages hasardeux autour de certaines inclusions de bandes horizontales de granit. L'eau de pluie s'est infiltrée et a fait éclater l'enduit.

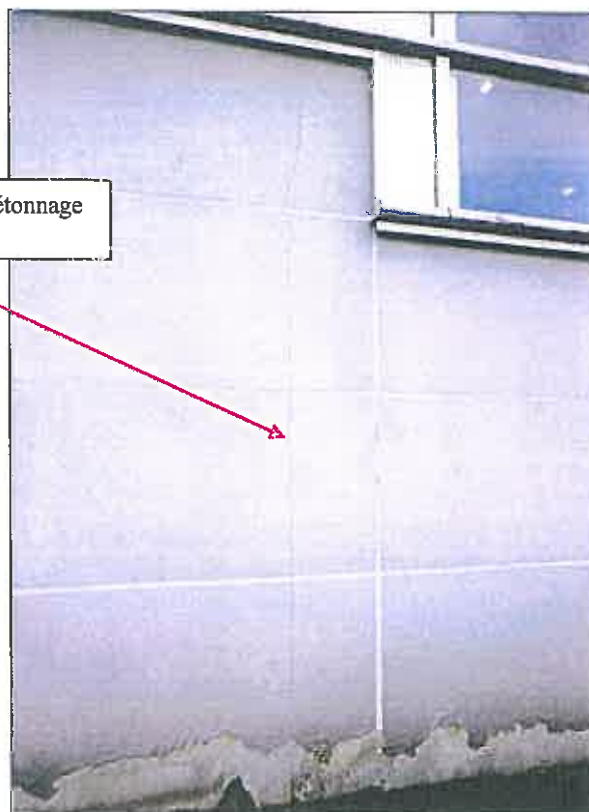


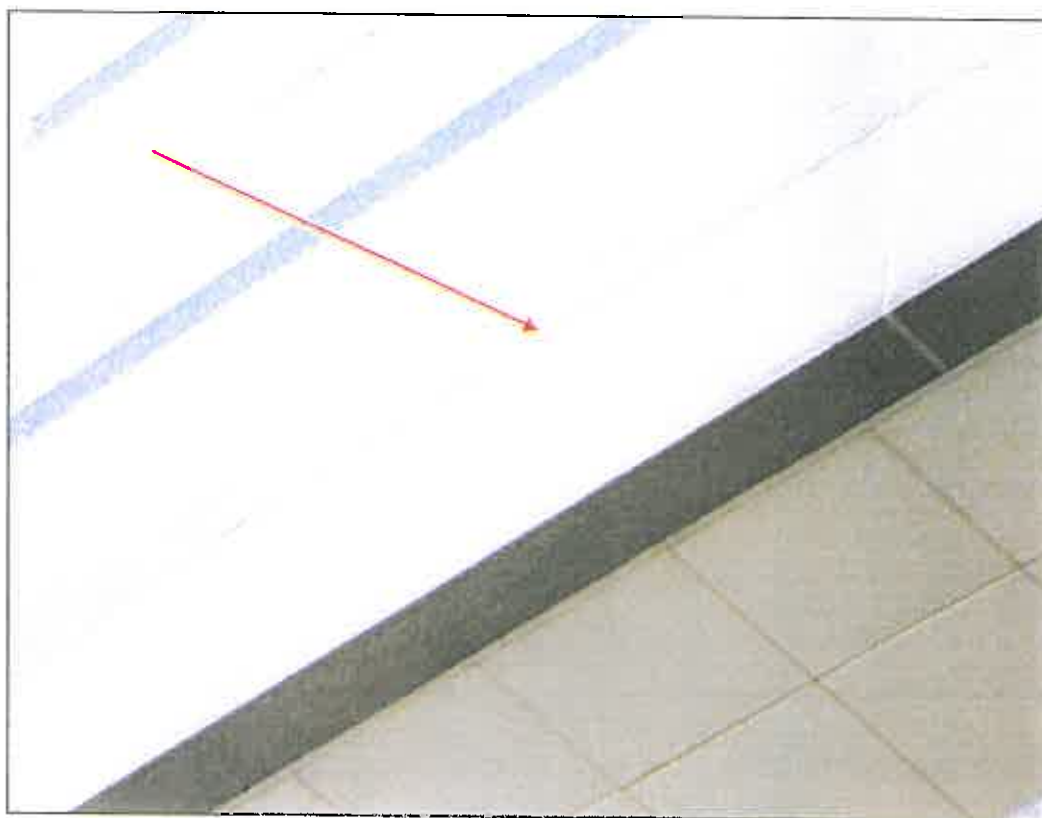


Fissure sur reprise de bétonnage  
poteau/voile

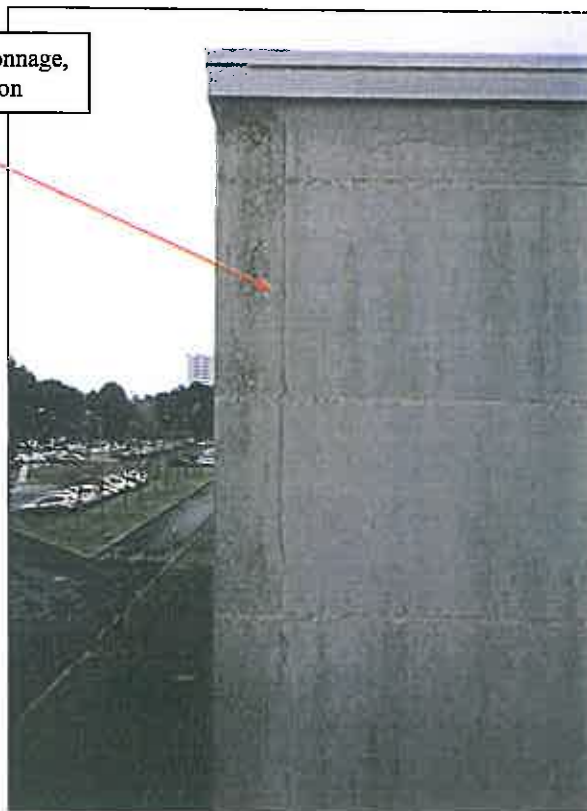


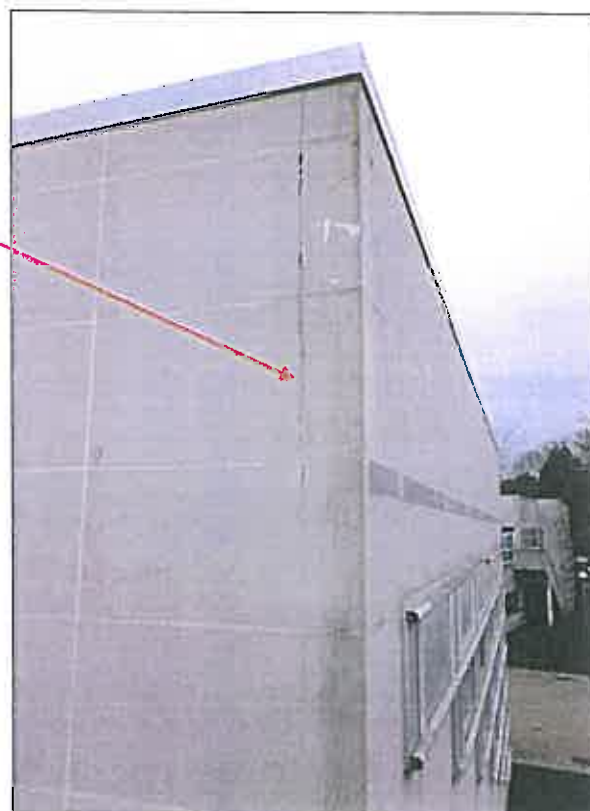
Fissure sur reprise de bétonnage  
poteau/voile





Fissure sur reprise de bétonnage,  
manque d'aciers de jonction





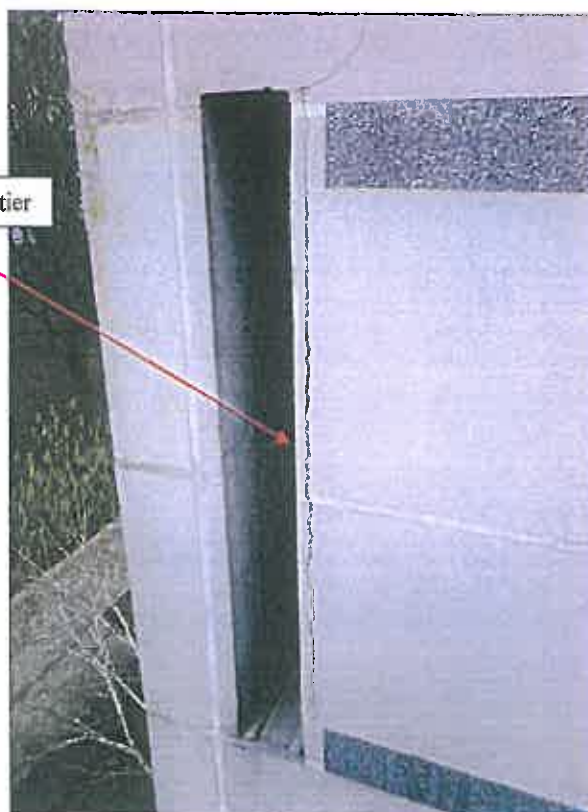
Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

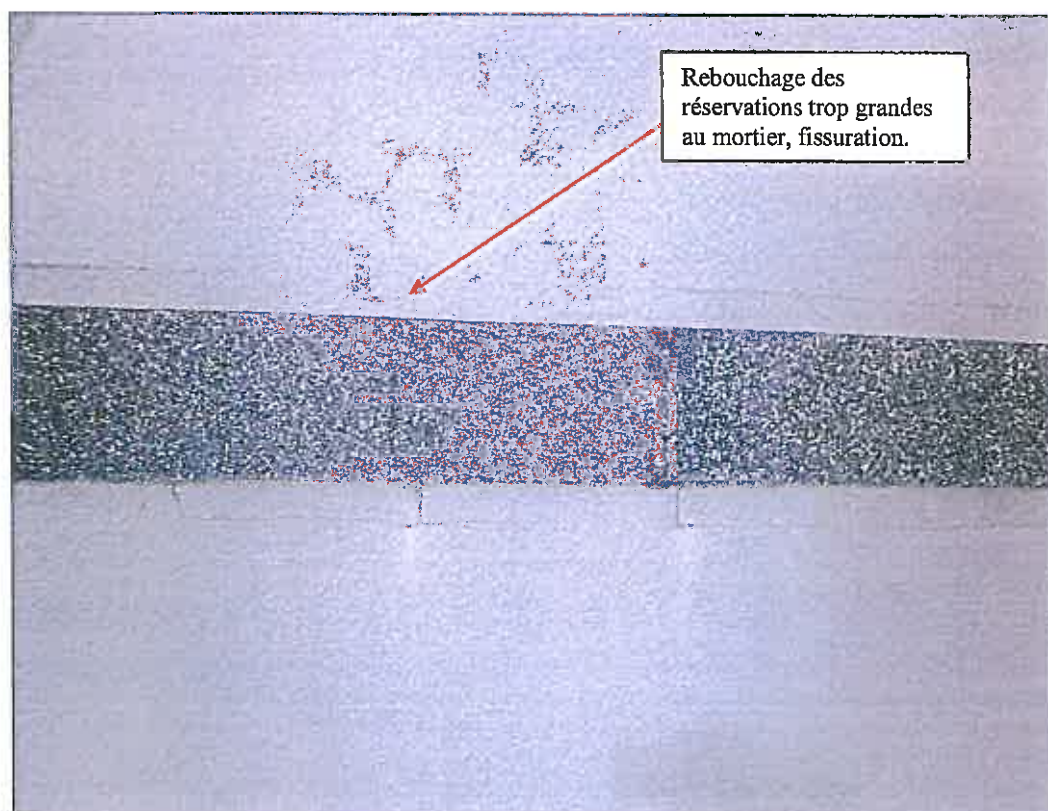
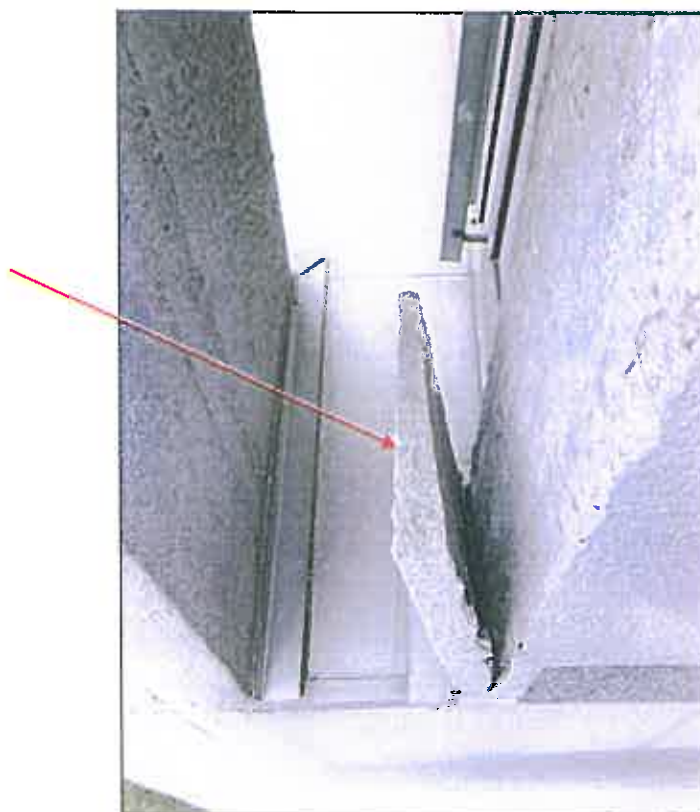


Manque d'aciers de  
liaison, décalage de  
bétonnage.



« Reprofilage » au mortier

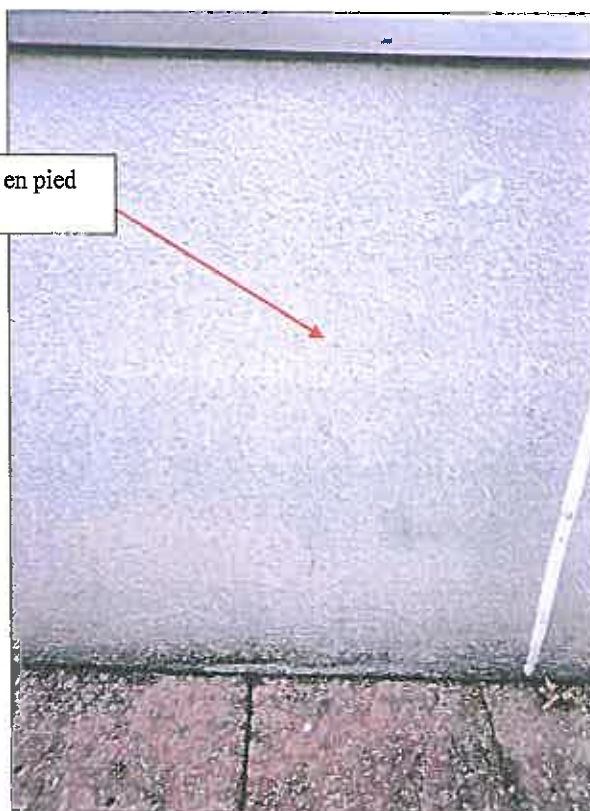




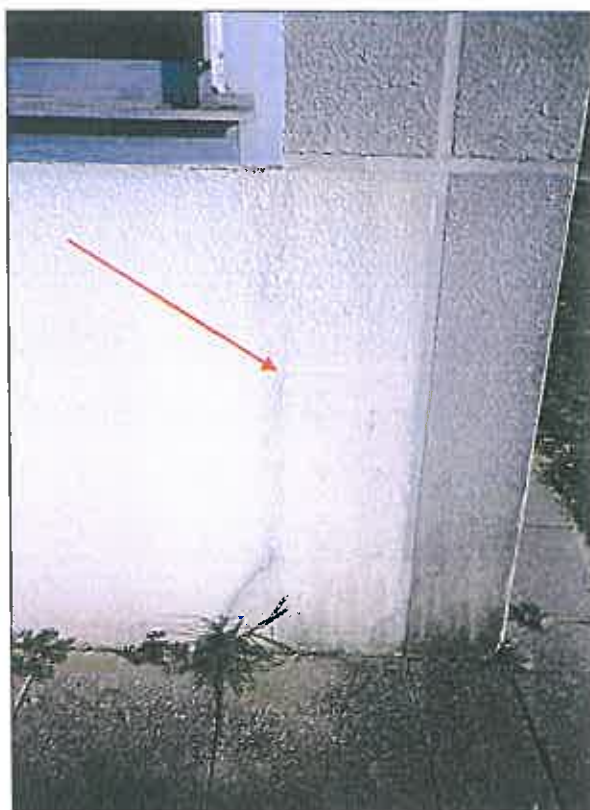
Fissuration de l'enduit  
consécutive à la corrosion  
des aciers sous-jacents,  
trop proches de la surface.



Fissure de retrait en pied  
de voile.

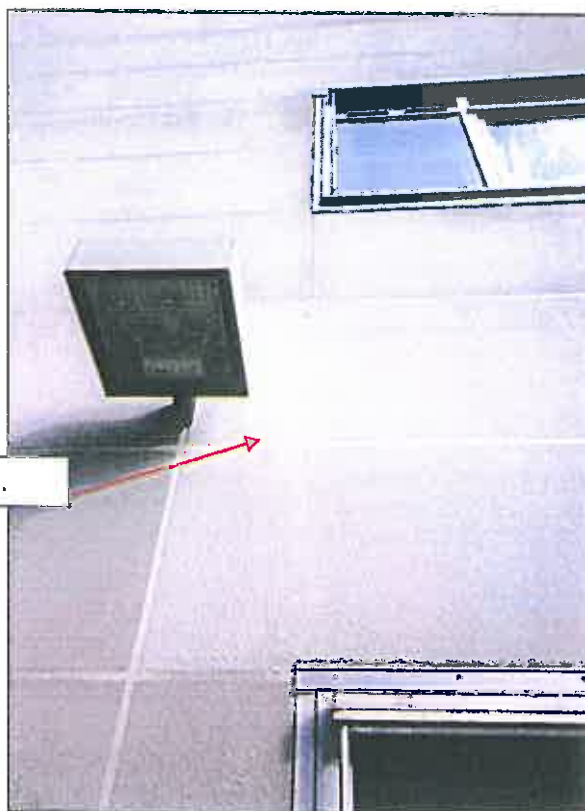






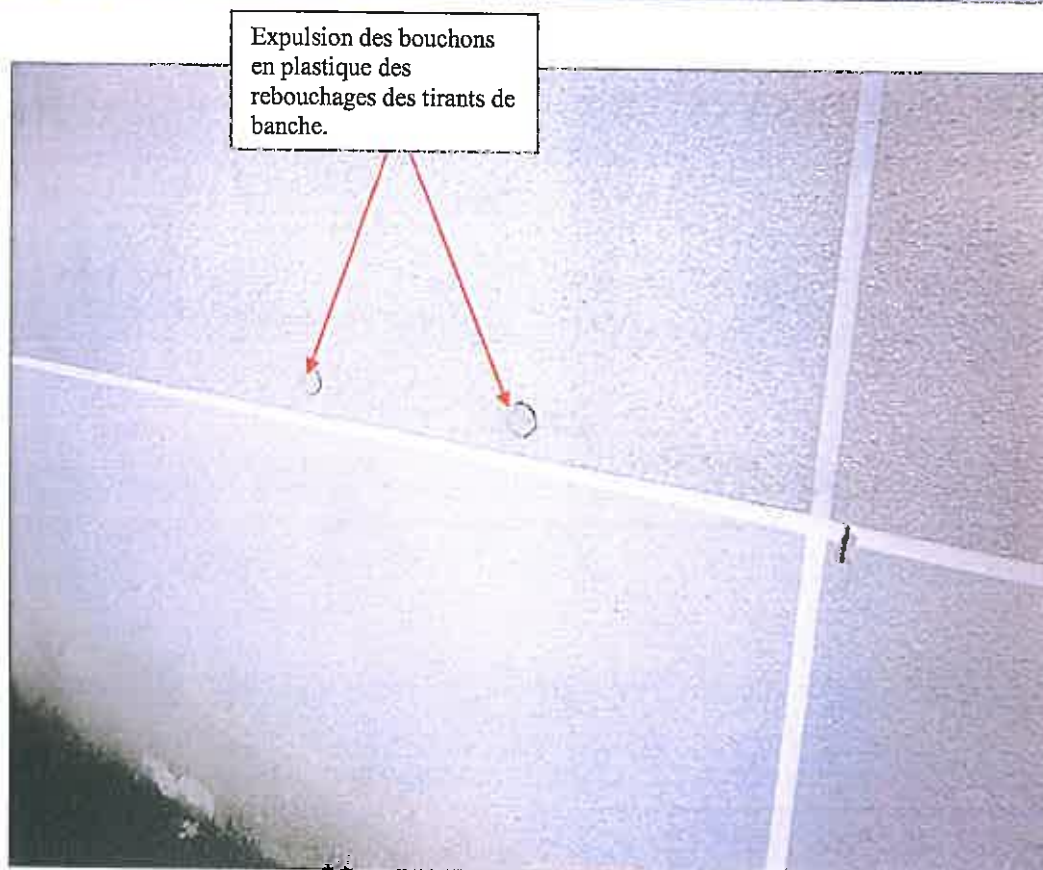
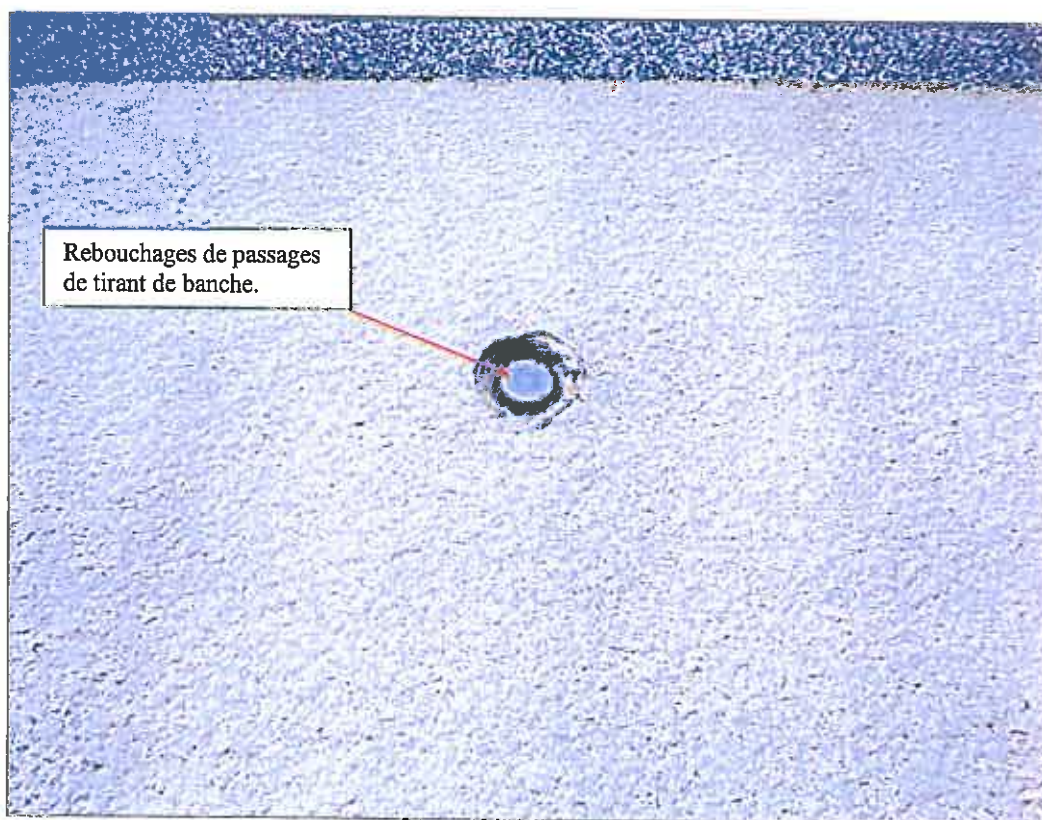
Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

Fissure pontée intacte.



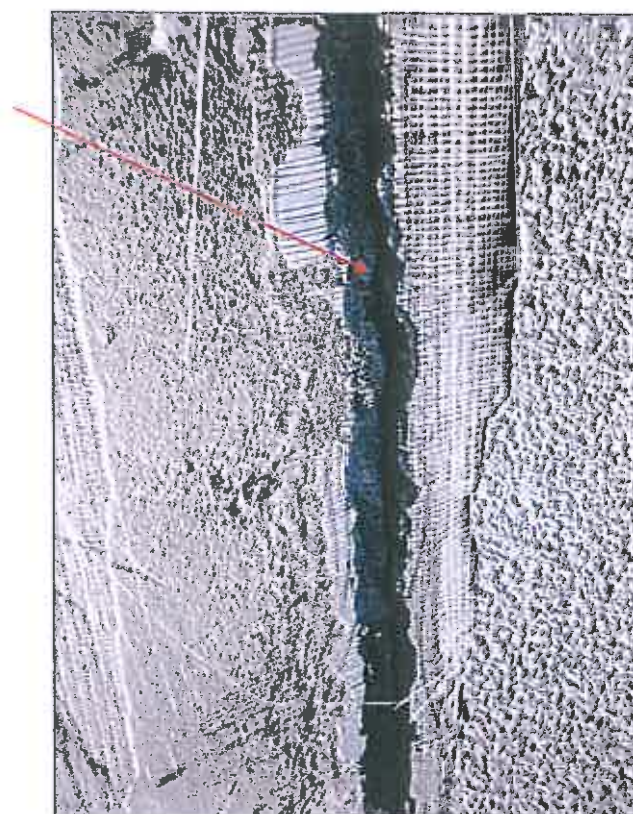
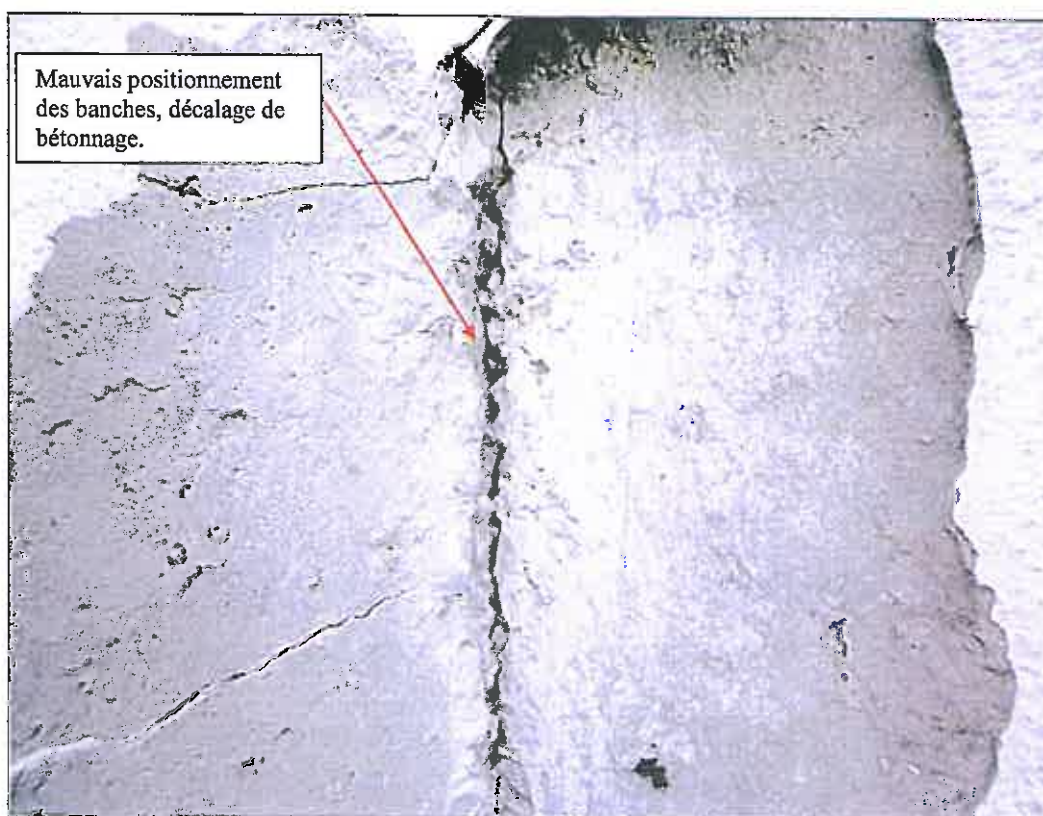
Couvre-joint mal fixé.





Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.





Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.

➤ Conclusions.

L'observation et l'analyse des différents désordres montrent une série de malfaçons plus ou moins importantes dans la mise en place du gros-œuvre. Le non-respect des règles de l'art est en cause, les reprises de bétonnage, le calage des banches, les rebouchages des tirants, mal effectués.

L'inspection réalisée nous permet de dire que la fissuration générale s'est stabilisée et reste dans la limite de l'élasticité des armatures. Elle est particulièrement mise en valeur par l'enduit de ravalement très raide qui n'a pas du tout suivi ces déformations mineures. On n'observe pas la fissuration typique d'un tassement ponctuel ou localisé de fondations qui prend la forme de fissures à 45 ° réparties sur l'ensemble de la surface et quasi parallèles entre elles et engendrant des problèmes fonctionnement du bâtiment (ouvrants coincés par exemple).

L'enduit, très raide, n'a pas suivi l'évolution du retrait du béton et n'a fait qu'augmenter visuellement la fissuration.

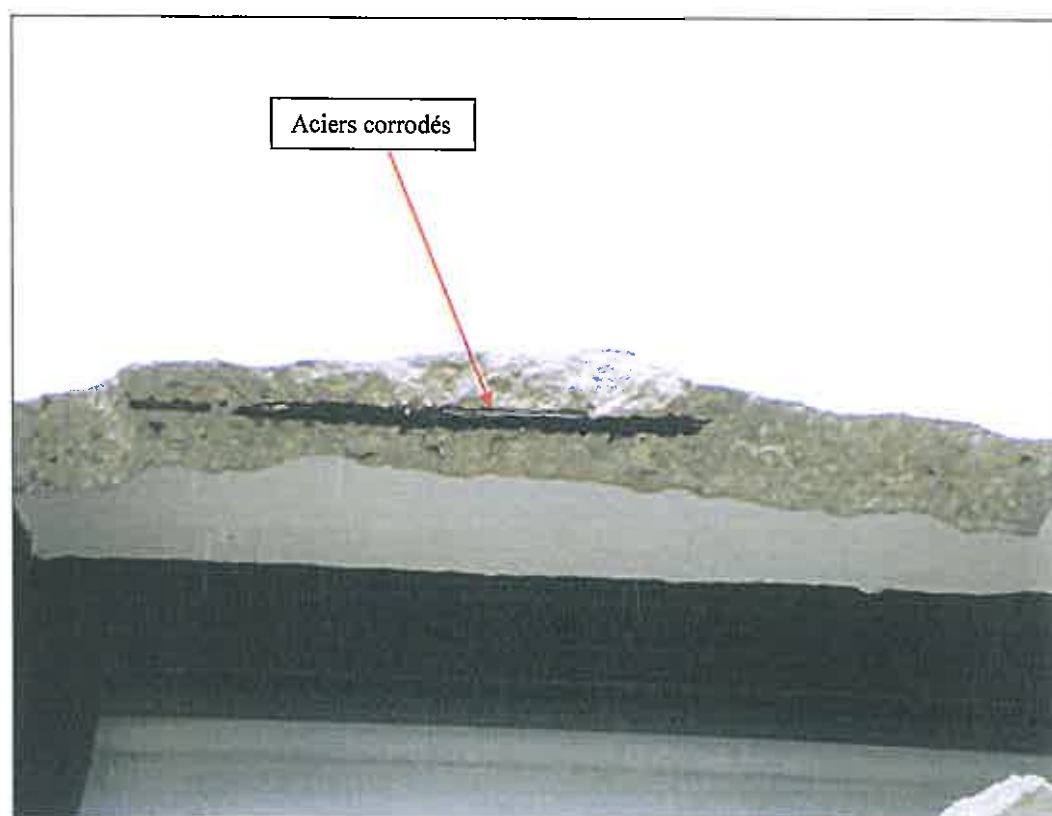
Le désordre le plus important est la fissuration verticale des pignons. Cette fissuration est plus importante en haut qu'en bas, trahissant un certain basculement du voile de façade.

L'entretien courant, au regard de la sécurité des occupants, consistera à purger les bétons et enduits menaçant de tomber au droit des aciers corrodés, des reprofilages, des rebouchages hasardeux.

La rénovation comportera le pontage et/ou l'injection des fissures les plus importantes, le renforcement des pignons fissurés verticalement par le scellement d'aciers à béton et le ravalement de façade adapté. Une isolation par l'extérieur peut également être envisagée, au regard de la réglementation énergétique toujours plus contraignante.

### 5. UFR Sciences, Bâtiment A' et Galeries Extérieures.

Lors de la mission de diagnostic des façades, il nous a été signalé la chute d'un bloc de béton au niveau du bâtiment A'. L'examen attentif montre que le béton a cédé sous la poussée d'aciers corrodés. Le béton en lui-même est fortement ségrégué, ce qui a permis à l'eau de pluie de s'infiltrer rapidement jusqu'aux armatures via la micro-fissuration du béton.



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.





#### ◦ Galeries couvertes.

Les galeries sont constituées d'une vingtaine de poteaux circulaires, sur lesquels reposent des poutres soutenant une couverture faite de caissons. Tous ces éléments sont en béton armé et probablement d'origine préfabriquée.

- Les principaux désordres rencontrés sont des armatures apparentes du fait du manque d'enrobage ou par des dispositions constructives ne respectant pas les règles de l'art. Il s'agit notamment des rives des caissons : certaines sont fissurées par un acier filant dont l'enrobage n'est pas respecté d'une part et ces rives sont assez minces d'autre part. Des filants de diamètre moindre et mieux placés eussent été préférables.
- Une micro-fissuration régulière et sur la circonférence a été observée sur les poteaux. Il s'agit de problèmes de positionnement des cadres du ferrailage dans les moules, ce qui a empêché le béton de bien se répartir, en particulier d'assurer un recouvrement desdits cadres.
- L'étanchéité est défectueuse, les eaux ruissellent sur le béton des poutres en particulier, entraînant la corrosion d'aciers, trahie par la fissuration longitudinale observée.

#### • Mesures, sondages, prélèvements.

Il a été effectué des essais au corrosimètre ainsi que deux prélèvements de béton dénommé C4 et C5 sur des poteaux présentant des aciers corrodés. Les enrobages mesurés vont de 0 à 2,5 cm environ.

Les résultats des essais sur béton sont visibles en annexe 3.

Ils montrent que le front de carbonatation avec une profondeur de 2 à 5,5 mm, n'a pas atteint les armatures. La porosité du béton de 16 % à 18 % est assez élevée. La teneur en ciment est bonne avec 292 et 332 kg/m<sup>3</sup>.



Les résultats au corrosimètre montrent une oxydation des aciers ne s'étendant que sur de faibles longueurs dans le béton. La corrosion s'est produite à cause de la fissuration transversale évoquée plus haut, facilitant le passage des eaux de pluie, les désordres les plus importants se situant sur les poteaux les plus exposés.



*Vue d'une galerie.*



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.





*Projections d'eau de pluie sur un poteau, en partie basse.*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.







*Etanchéité défectueuse.*



*Etanchéité défectueuse.*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



*Prélèvement C4.*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.





*Prélèvement C5.*

• **Conclusions.**

Ce genre de structures vieillit traditionnellement assez mal. La faible section des éléments, le délicat positionnement des armatures, l'étanchéité à mettre en œuvre, sont autant de sources de désordres possibles.

Néanmoins, les Galeries sont tout de même en assez bon état général. Les désordres observés sont inhérents à l'âge et au type de ce bâti.

Le béton est d'assez bonne qualité, une rénovation est possible.

L'entretien courant consistera à purger les quelques zones de béton dégradé, par souci de sécurité envers les occupants du site pour les Galeries extérieures.

Pour le bâtiment A, une surveillance attentive des parois est à programmer régulièrement, une fois par an minimum, afin de repérer l'existence ou l'apparition d'une fissuration au droit des poutres.

Pour les Galeries extérieure, la rénovation portera sur la réfection de l'étanchéité des toitures, le traitement des aciers corrodés et un ravalement général.

La poutre dégradée du bâtiment A peut faire l'objet d'une réfection ponctuelle au titre de l'entretien spécialisé.

## PRECONISATIONS ET ESTIMATION FINANCIERE

Les coûts sont donnés à titre indicatif.

### 1. UFR Pharmacie.

Dépose de l'étanchéité au droit du couronnement, 20 ml.	300 euros/ht
Dépose des briques de couronnement.	400 euros/ht
Décapage de l'ancien enduit jusqu'au support sain, 25 m².	1000 euros/ht
Purge des bétons au droit des aciers corrodés, nettoyage et passivation des aciers, ragréage manuel. Forfait	400 euros/ht
Pose d'un couronnement en béton armé, scellé au voile	550 euros/ht
Pose d'un enduit de façade à la chaux grasse	1500 euros/ht
Repose d'une étanchéité bitumineuse	600 euros/ht
Pose de couverture en zinc	650 euros/ht
	Total : 5400 euros/ht

Surface parois env. 25 m²  
20 m de couronnement  
0,7x19 m d'étanchéité

### 2. IUT (bâtiment D)

Estimation incluant la pose d'échafaudage.

Poutres de façades : purge du béton, dégagement des aciers, passivation, ragréage manuel.	Forfait : 2000 euros/ht
Purge du béton, dégagement des aciers, passivation, scellement d'aciers de couture, réfection des poteaux au béton projeté.	35000 euros/ht
Pose d'une protection de surface, étanche à l'air (bouche pores), sur tous les poteaux et les poutres.	2500 euros/ht
	Total : 39500 euros/ht

30 poteaux 15x20x550 cm  
2 poutres 15x170 cm

### 3. Bibliothèque Universitaire

Montage échafaudage, décapage haute pression ou mécanique du revêtement existant (inutile si ajout d'une isolation supplémentaire). Pontage fissures, traitement des aciers corrodés Ravalement à base d'enduit souple. 50 euros/m <sup>2</sup>	60000 euros/ht
Pose de couvre-joints adaptés	950 euros/ht
	Total : 60950 euros/ht

Surface des façades à reprendre : environ 1200 m<sup>2</sup>  
Isolation 50 mm : + 25 euros/m<sup>2</sup>

### 4. UFR Lettres

Montage échafaudage et portiques, décapage haute pression ou mécanique du revêtement existant (inutile si ajout d'une isolation supplémentaire). Pontage fissures ou injection pour les plus importantes. Traitement des aciers corrodés Ravalement à base d'enduit souple. 55 euros/m <sup>2</sup>	255000 euros/ht
Pose de couvre-joints adaptés	950 euros/ht
	Total : 242950 euros/ht

Surface des façades à reprendre : environ 4400 m<sup>2</sup>



## 5. UFR Sciences, bâtiment A et Galeries Extérieures

### 1. Bâtiment A, poutre de façade.

Montage échafaudage	300 euros/ht
Traitement des aciers corrodés, scellement d'aciers de reprises	550 euros/ht
Reprofilage manuel en béton	400 euros/ht
Ravalement à base d'enduit souple	400 euros/ht
Total : 1650 euros/ht	

### 2. Galeries extérieures

Dépose de l'étanchéité des toitures terrasses	2200 euros/ht
Traitement des aciers corrodés	Forfait 800 euros/ht
Purge du béton, décapage haute pression des retombées des toitures	400 euros/ht
Réfection de l'étanchéité bitumineuse	8800 euros/ht
Ravalement des poutres, poteaux et retombées de toitures	1300 euros/ht
Total : 11500 euros/ht	

Surfaces toitures= 123 et 98 m<sup>2</sup>

## ***6. Techniques et conditions contractuelles***

1. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager ABROTEC.
2. De même, des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution de futurs travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
3. Les reconnaissances procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge de notre bureau d'étude.

Fait aux Ulis, le 24 mai 2011.

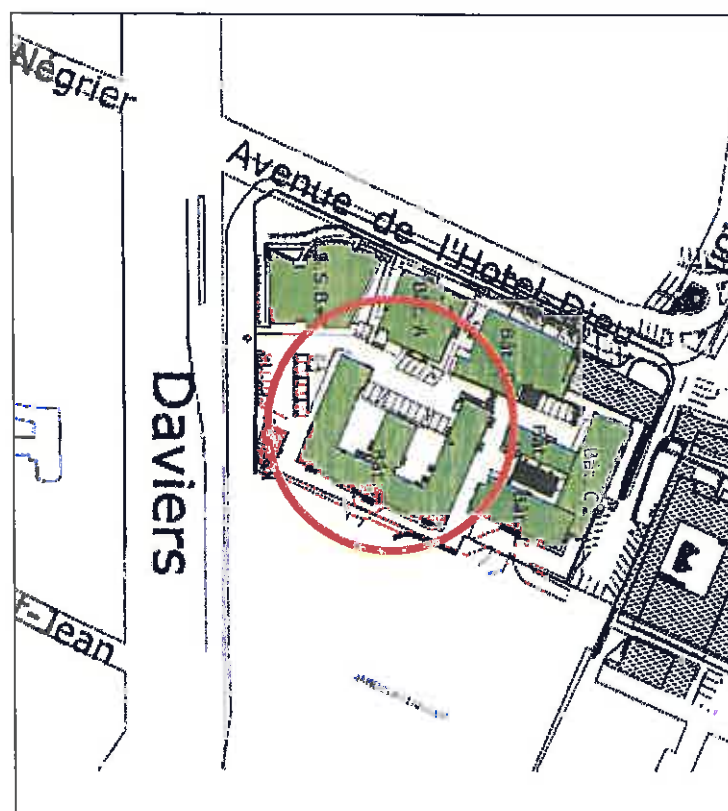
*Eric PROUST*



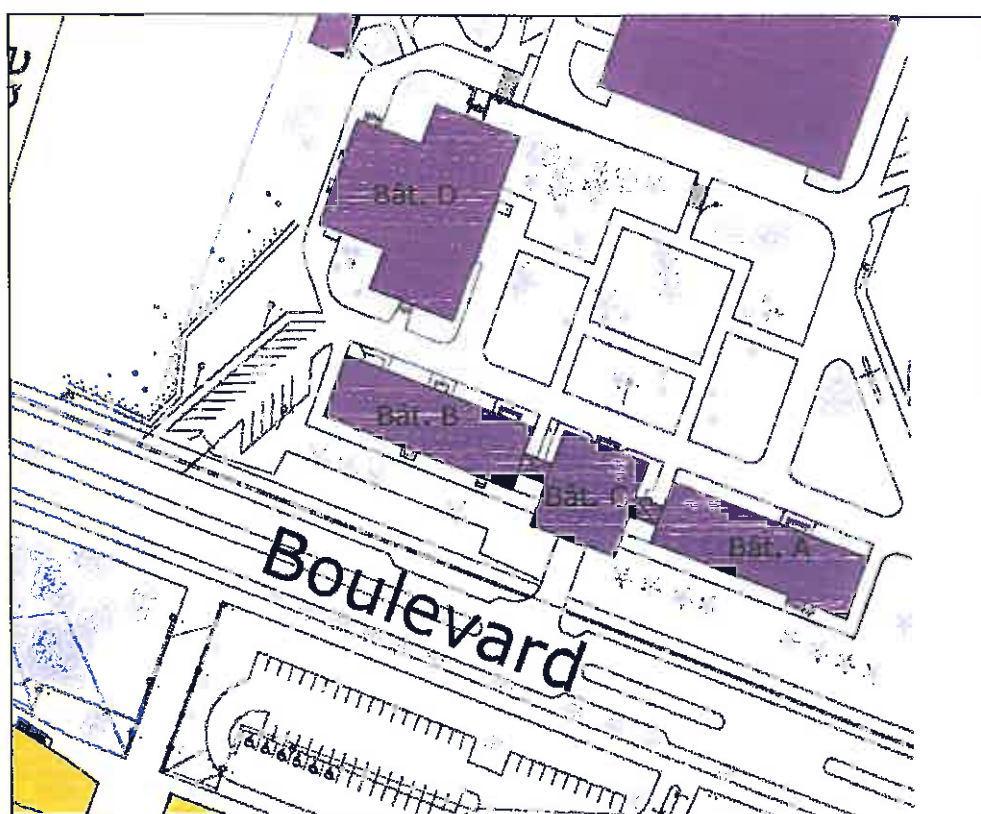
## *Annexe 1*

### *Plans de situation des bâtiments*



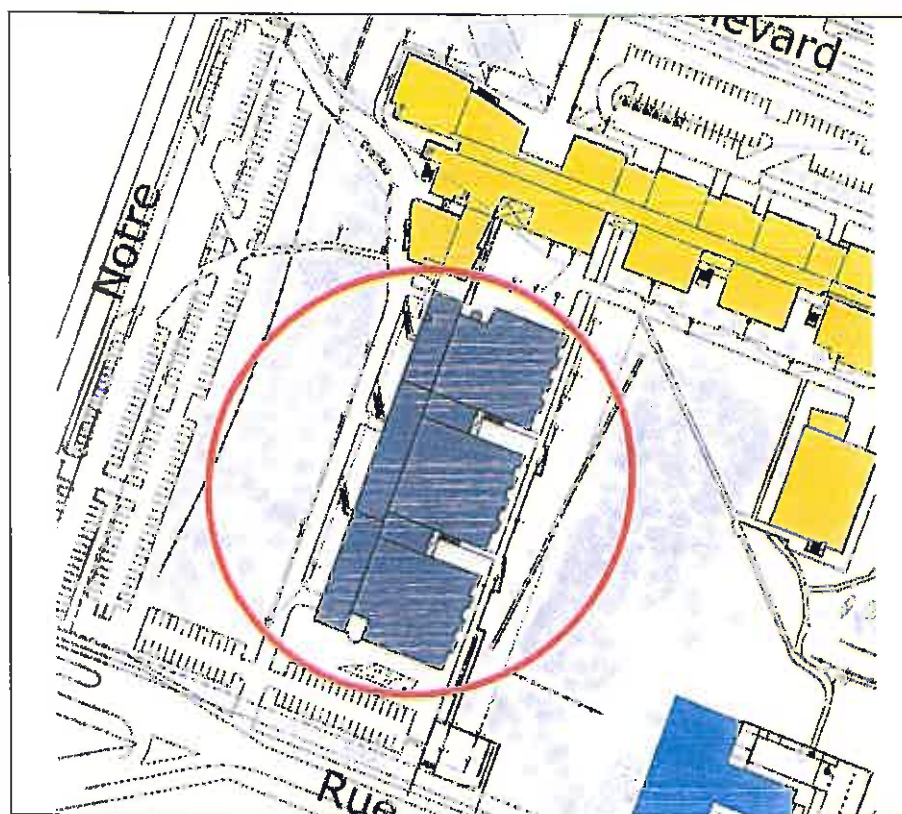


*UFR Pharmacie*

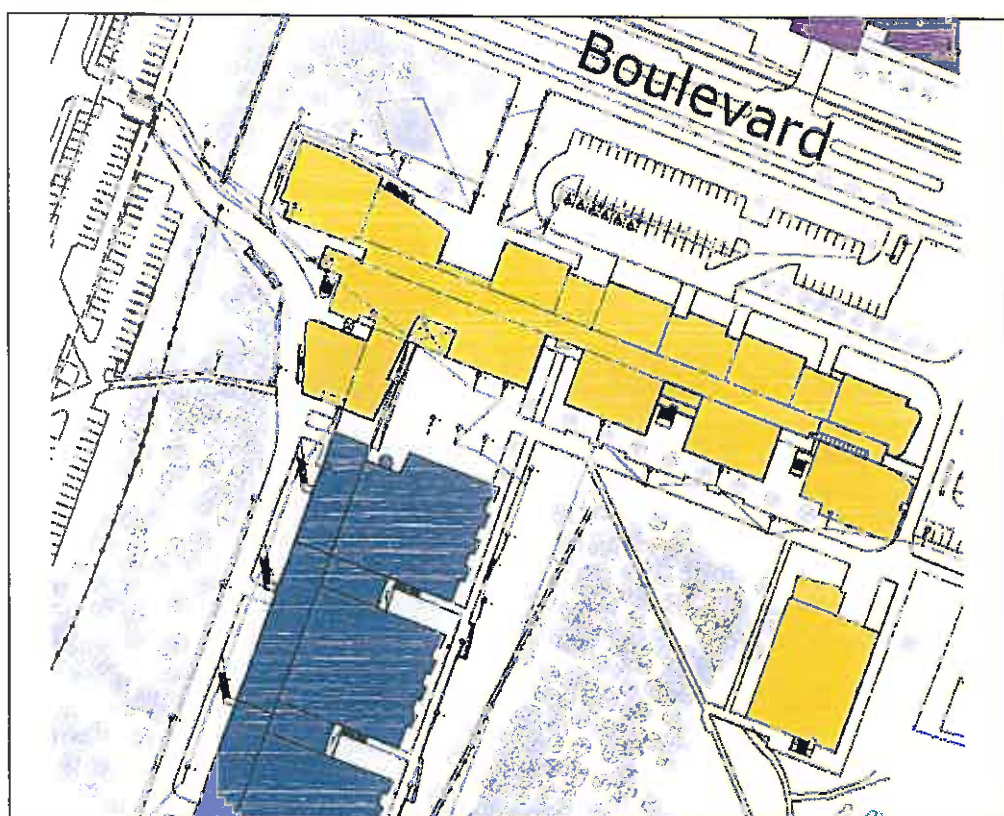


*IUT, Bâtiment D.*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



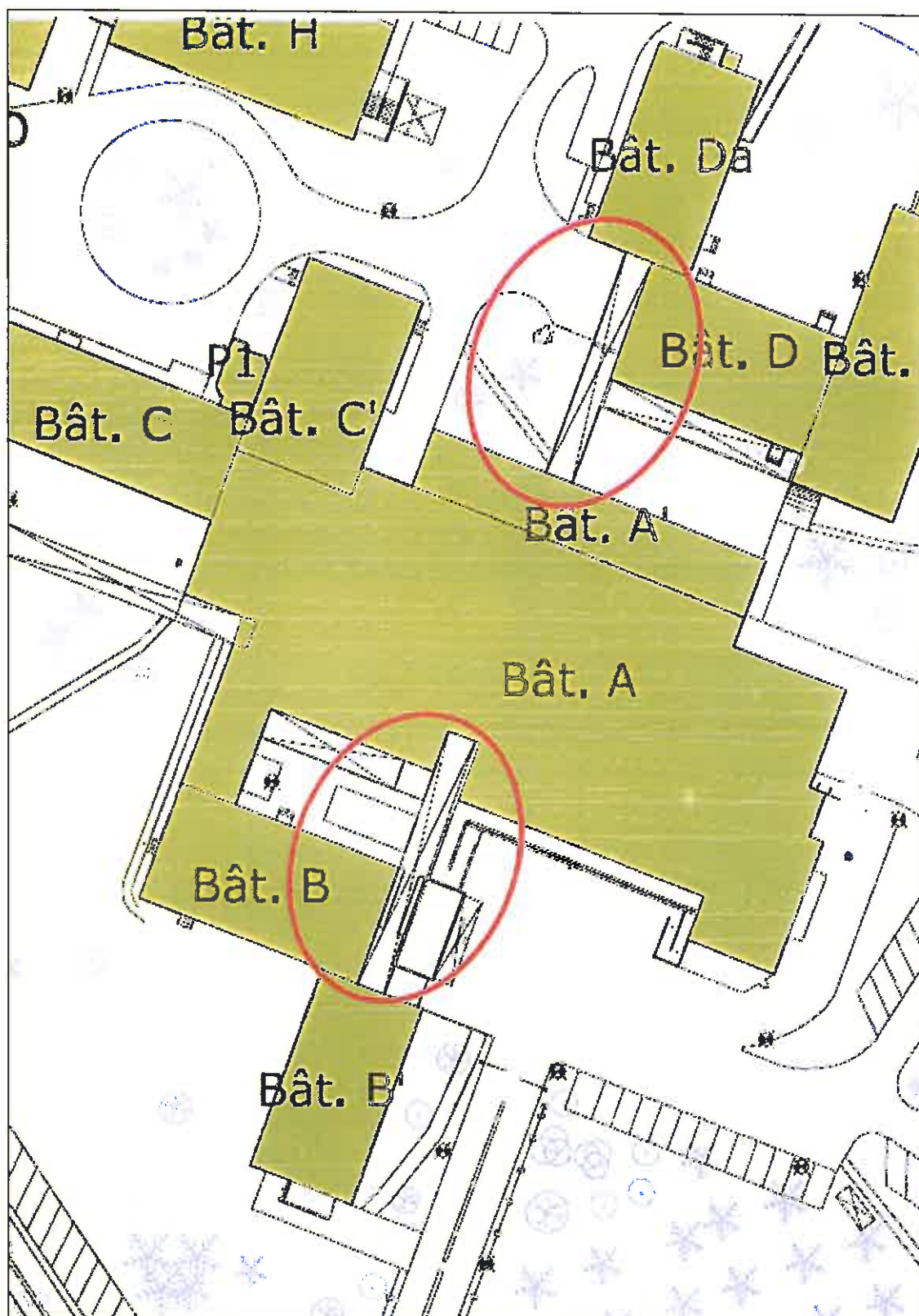
*Bibliothèque Universitaire*



*UFR Lettres et Sciences Humaines*

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.





UFR Sciences

Le présent document est la propriété exclusive d'Abrotec. Il est réservé à l'information exclusive de son destinataire et ne peut être utilisé ou communiqué sans autorisation écrite et préalable d'Abrotec.



## *Annexe 2*

### *Report des désordres et implantation des sondages.*