



**HAL**  
open science

# Étude des effets du vent dans le domaine bâti à l'aide d'un dispositif de simulation

Germaine Barnaud, Hélène Gentric, Jean-Pierre Peneau

► **To cite this version:**

Germaine Barnaud, Hélène Gentric, Jean-Pierre Peneau. Étude des effets du vent dans le domaine bâti à l'aide d'un dispositif de simulation. [Rapport de recherche] 0005/73, Centre de recherche méthodologiques d'architecture et d'aménagement (CRMAA); Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes; Bureau de la recherche architecturale (BRA). 1973. hal-03079631

**HAL Id: hal-03079631**

**<https://hal.science/hal-03079631>**

Submitted on 17 Dec 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

CENTRE DE RECHERCHES METHODOLOGIQUES D'ARCHITECTURE ET D'AMENAGEMENT

MINISTERE DES AFFAIRES CULTURELLES

624.042.4  
BAR

DIRECTION DE L'ARCHITECTURE

CONTRAT N° 73/71/23500

BIBLIOTHÈQUE  
U.P. 3

ETUDE DES EFFETS DU VENT DANS LE DOMAINE BATI

A L'AIDE D'UN DISPOSITIF DE SIMULATION.

~~699~~  
~~ETU~~

Ont participé à cette recherche :

G. BARNAUD, H. GENTRIC, J. MARY, J.P. PENEAU, M.Q. SHAIKH,  
J. SHAIKH.

Architectes, documentaliste, ingénieur aérodynamicien, technicien.

Nantes, Décembre 1973

SHAIKH

CENTRE DE RECHERCHES METHODOLOGIQUES D'ARCHITECTURE ET D'AMENAGEMENT

240024  
848

MINISTRE DES AFFAIRES CULTURELLES

DIRECTION DE L'ARCHITECTURE

CONTRAT N° 7271/25500

BIBLIOTHEQUE  
U.P. 3

ETUDE DES EFFETS DU VENT DANS LE BOMAIN BATI

A L'AIDE D'UN DISPOSITIF DE SIMULATION

ppp  
ctu

Ont participé à cette recherche :

G. BARRAUD, H. GENTRIG, J. MARY, J.P. PENEAU, M.G. SHAIKH

J. SHAIKH

Architectes, documentaliste, ingénieur aérodynamicien, technicien

Nantes, Décembre 1973

8441

## INTRODUCTION

### SOMMAIRE

---

#### - INTRODUCTION

#### 1 - RAPPELS AERODYNAMIQUES - COUCHE LIMITE ATMOSPHERIQUE

#### 2 - RAPPELS CLIMATOLOGIQUES ET METEOROLOGIQUES

#### 3 - ANALYSE TYPOLOGIQUE-CONSTITUTION DE L'ECHANTILLON

#### 4 - METHODE DE SIMULATION EN SOUFFLERIE

#### 5 - ESSAIS ET INTERPRETATION

#### - CONCLUSION

#### - BIBLIOGRAPHIE

SOMMAIRE

- INTRODUCTION
- 1 - RAPPELS AERODYNAMIQUES - COUCHE LIMITE ATMOSPHERIQUE
- 2 - RAPPELS CLIMATOLOGIQUES ET METEOROLOGIQUES
- 3 - ANALYSE TYPOLOGIQUE CONSTITUTION DE L'ECARTILLOM
- 4 - METHODE DE SIMULATION EN SOUFFLERIE
- 5 - ESSAIS ET INTERPRETATION
- CONCLUSION
- BIBLIOGRAPHIE

## INTRODUCTION

Les modalités de la conception du cadre bâti évoluent et l'on peut constater que les modèles formels de composition aussi bien que les exigences technico-économiques simplistes, qui étaient déterminantes dans les décennies passées, sont de plus en plus remises en cause. Les préoccupations du moment conduisent à rechercher séparément ou à fortiori conjointement :

- une meilleure adaptation de l'objet construit à son usage projeté et aux aspirations de ses utilisateurs
- des possibilités d'actions collectives ou individuelles des personnes sur l'aménagement et la distribution de l'espace
- une bonne adéquation aux sites et, au niveau des méthodes de conception, une maîtrise plus rigoureuse des paramètres explicites de la mise en forme.

Parmi ces paramètres les éléments climatiques peuvent être abordés dans un souci de contrôle accru de l'environnement. Mais si la connaissance des températures, du régime des précipitations, de l'ensoleillement, commence à faire partie intégrante des données utilisées dans le processus de mise en forme, les informations sur le vent le contrôle de ses effets sont en revanche pratiquement absentes. Il est pourtant évident que le confort du piéton dans un site construit complexe pose, tout particulièrement sous nos climats, un certain nombre de problèmes. L'ignorance des phénomènes aérodynamiques correspondants fait de tout ensemble de constructions un dispositif aux effets aléatoires

On peut cependant remarquer que les nuisances déplorées dans beaucoup de zones d'habitations collectives tendent à prouver que ces aléas jouent la plupart du temps dans un sens défavorable.

La recherche entreprise visait donc à mettre à jour des connaissances objectives sur ces phénomènes en s'appuyant sur les concepts de la physique et plus particulièrement de la mécanique des fluides. Les mesures et essais en vraie grandeur étant à écarter dès le départ (dispersion des sites construits, synchronisation difficile des jours de vents et des périodes d'essais...) ; il a fallu utiliser un appareillage de simulation travaillant à échelle réduite.

La soufflerie C.S.T.B.-U.P.A.N. de Nantes réalisée pour ce genre d'étude a permis de trouver une réponse satisfaisante à cette question de commodité des essais, mais la complexité du problème demeurait entière. Les approches semblables déjà réalisées en soufflerie ont en effet toujours porté sur des ensembles composés d'un nombre très restreint de constructions. Ces cas idéaux qui permettent de faire varier les paramètres de dimension et de position des constructions font abstraction de la présence d'un quelconque environnement. Nous nous sommes donc attachés à aborder le problème de l'étude du champ de vitesse dans des sites bâtis complexes au moyen d'une méthode originale de visualisation et de mesures anémométriques en soufflerie.

Pour ce qui regarde l'application et l'utilisation des résultats de ces essais nous avons formulé l'hypothèse que la mise en évidence des caractères essentiels des écoulements serait déterminante pour la prévision des anomalies au stade de la conception.

Signalons enfin que ce travail a été conduit dans un esprit de collaboration entre l'équipe de recherche de la section aérodynamique du C.S.T.B. de Nantes dirigée par J. GANDERMER et celle du C.R.M.A.A. regroupant des enseignants et chercheurs de l'Unité Pédagogique d'Architecture de Nantes. L'étendue et la nouveauté du problème abordé ne permettaient pas à chaque équipe de mener seule à bien une telle étude dans un

délai aussi limité. Les budgets respectifs attribués n'auraient pas davantage permis d'utiliser isolément des moyens de mesure et de simulation aussi perfectionnés.

A cette politique de mise en commun de certaines ressources en matériel et en personnel a correspondu une coopération au niveau scientifique. Chaque équipe a en effet tiré de certains résultats communs ou de résultats qui lui étaient propres, des conclusions ou des développements respectivement plus orientés vers le milieu des techniciens et chercheurs en aérodynamique ou vers celui des étudiants et professionnels de l'architecture.

Afin d'aborder dans de bonnes conditions l'étude des effets du vent sur des sites bâtis, il nous a semblé nécessaire de rappeler certaines notions simples d'aérodynamique et de mécanique des fluides indispensables pour une bonne compréhension du texte.

## 1 - 1 Généralités sur les écoulements de fluides

### 1 - 1 - 1 Fluides parfaits - fluides réels (ou visqueux)

La notion de fluide parfait, essentiellement théorique, ne correspond qu'à une première approximation en dynamique des fluides réels. Ces fluides réels possèdent une propriété physique particulière faisant intervenir des forces de frottement interne, ou forces de viscosité.

Quand on suppose le fluide parfait, les actions de contact qui s'exercent sur un élément de surface pris dans le fluide sont toujours normales à cet élément (pression). Dans le cas d'un fluide réel on doit admettre que ces actions de contact ne sont plus normales mais qu'elles présentent une composante tangentielle dans le plan de l'élément de surface. Cette composante joue le rôle d'une force de frottement comme dans le mouvement relatif de 2 surfaces solides en contact.

On montre que les forces de viscosité sont proportion-



... dans ces conditions, il est évident que les résultats obtenus ne peuvent être considérés comme définitifs. Il est donc nécessaire de poursuivre les recherches dans ce domaine, en particulier en ce qui concerne l'impact des conditions de conception sur les performances aérodynamiques.

A cette fin, une étude plus approfondie a été menée, portant sur l'analyse des écoulements autour de formes complexes. Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance de la géométrie et de la position des éléments constitutifs. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux de simulations numériques, ce qui a permis de valider les conclusions expérimentales. Ces travaux ont également permis de développer des outils de simulation adaptés à l'étude de configurations complexes.

La soufflerie C.S.T.B.-U.F.A.M. de Nantes, réalisée pour ce genre d'étude, a permis de trouver une réponse satisfaisante à cette question de complexité des essais, mais la complexité du problème demeure entière. Les approches semblables déjà réalisées en soufflerie ont en effet toujours porté sur des ensembles composés d'un nombre très restreint de constructions. Ces cas idéaux qui permettent de faire varier les paramètres de dimension et de position des constructions font abstraction de la présence d'un quelconque environnement. Nous nous sommes donc attachés à résoudre le problème de l'étude du champ de vitesse dans des sites bâtis complexes au moyen d'une méthode originale de mesure et de visualisation des écoulements en soufflerie.

Pour ce qui regarde l'application et l'utilisation des résultats de ces essais nous avons formulé l'hypothèse que la mise en évidence des caractères essentiels des écoulements serait déterminante pour la prévention des anomalies au stade de la conception.

Signalons enfin que ce travail a été conduit dans un esprit de collaboration entre l'équipe de recherche de la section aérodynamique du C.S.T.B. de Nantes dirigée par J. GAMBIER et celle du C.R.M.A.A. regroupant des enseignants et chercheurs de l'Unité Pédagogique d'Architecture de Nantes. L'étendue et la nouveauté du problème abordé ne permettaient pas à chaque équipe de mener seule à bien une telle étude dans un

## CHAPITRE 1

### RAPPELS AERODYNAMIQUES - COUCHE LIMITE ATMOSPHERIQUE

---

Afin d'aborder dans de bonnes conditions l'étude des effets du vent sur des sites bâtis, il nous a semblé nécessaire de rappeler certaines notions simples d'aérodynamique et de mécanique des fluides indispensables pour une bonne compréhension du texte.

#### 1 - 1 Généralités sur les écoulements de fluides

##### 1 - 1 - 1 Fluides parfaits - Fluides réels (ou visqueux)

La notion de fluide parfait, essentiellement théorique, ne correspond qu'à une première approximation en dynamique des fluides réels. Ces fluides réels possèdent une propriété physique particulière faisant intervenir des forces de frottement interne, ou forces de viscosité.

Quand on suppose le fluide parfait, les actions de contact qui s'exercent sur un élément de surface pris dans le fluide sont toujours normales à cet élément (pression). Dans le cas d'un fluide réel on doit admettre que ces actions de contact ne sont plus normales mais qu'elles présentent une composante tangentielle dans le plan de l'élément de surface. Cette composante joue le rôle d'une force de frottement comme dans le mouvement relatif de 2 surfaces solides en contact.

On montre que les forces de viscosité sont proportion-

nelles aux vitesses de déformation du fluide. Le coefficient de proportionnalité représente la viscosité dynamique du fluide :  $\mu$ , dont la dimension est  $ML^{-1}T^{-1}$ . (Soit  $kg/m.s$  ou Poiseuille dans le système M.K.S.A.). A ce coefficient on associe le coefficient de viscosité cinématique  $\nu$ , rapport de la viscosité dynamique  $\mu$ , à la masse volumique  $\rho$  du fluide :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

La dimension de  $\nu$  est  $L^2T^{-1}$  ( soit  $m^2/s$  dans le système M.K.S.)

### 1 - 1 - 2 Ecoulement laminaire - Ecoulement turbulent

Un écoulement de fluide, quel qu'il soit est laminaire ou turbulent. Dans le cas d'un écoulement laminaire, les lignes de courant sont des courbes fixes dans l'espace et ne se mélangent pas au cours du mouvement : les couches fluides glissent les unes sur les autres sans qu'il y ait passage de particules d'une couche à l'autre et au voisinage d'un solide, elles épousent la forme géométrique de la paroi.

Dans les autres cas, l'écoulement est dit turbulent : Les trajectoires s'enchevêtrent, on ne peut plus parler d'écoulement permanent mais seulement d'écoulement permanent en moyenne

L'appartenance d'un écoulement à l'un de ces deux types est liée à la valeur d'un nombre caractéristique attaché à chaque écoulement : "Le nombre de Reynolds". Ce nombre est défini par  $R_e = \frac{VL}{\nu}$  où  $V$  représente la vitesse du fluide,  $L$  une longueur caractéristique de l'écoulement et  $\nu$  la viscosité cinématique du fluide.

Pour pouvoir dire à quelle classe d'écoulement se rattache le mouvement de l'air au voisinage du sol, nous devons définir la notion de "couche limite atmosphérique".

On désigne ainsi la "couche de vent" au sein de laquelle l'influence des effets de frottement dûs au sol se fait sentir sur la vitesse de l'écoulement. Cette vitesse est une fonction croissante de l'altitude et sa distribution dépend du type de rugosité rencontré au sol. (ville, banlieue, forêt, campagne..)

Au delà d'une certaine altitude les effets du frottement n'ont plus d'influence et la vitesse moyenne devient constante. La valeur obtenue  $\bar{U}_G$  qui est la vitesse moyenne à l'extérieur de la couche limite est appelée "la vitesse du gradient de vent". On définit conventionnellement l'épaisseur de la couche limite  $\delta$  comme étant l'altitude où la vitesse vaut 95 % de  $\bar{U}_G$  :

$$\bar{U}_\delta = 95 \% \bar{U}_G$$

Cette épaisseur est liée à la nature de la surface du sol (rugosité) et varie de 300 m (campagne) à 600 m (sites urbains) (cf. I-3). Pour définir le nombre de Reynolds lié au vent à la surface du sol, nous prendrons comme longueur caractéristique l'épaisseur de la couche limite :  $L = \delta = 300$  m. La viscosité cinématique de l'air est  $\nu = 15 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s. On obtient ainsi  $Re = 2 \times 10^7 \times V$ .

Il a été montré expérimentalement (1) (2) que, lorsque le nombre de Reynolds relatif à l'épaisseur de couche limite est supérieur à un nombre variable suivant les cas, de l'ordre de  $10^3$ , l'écoulement est turbulent. Le résultat précédent permet donc d'affirmer que l'écoulement de l'air au voisinage du sol est de nature essentiellement turbulente dès que la vitesse du vent est non négligeable.

## 1 - 2 Grandeurs caractéristiques d'un écoulement turbulent

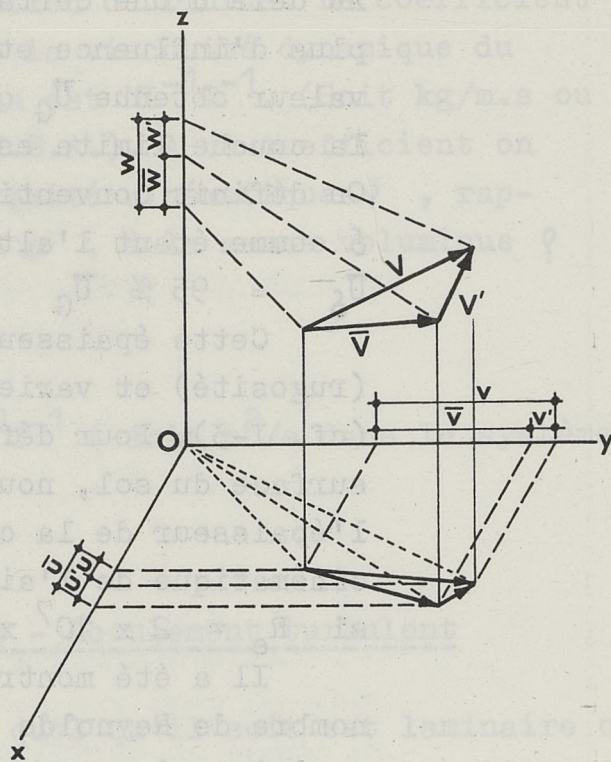
### 1 - 2 - 1 Vitesse moyenne - Fluctuation

En un point quelconque d'un écoulement turbulent, la vitesse subit des variations continues en direction et en intensité. Nous supposons toutefois l'écoulement permanent en moyenne, c'est-à-dire que les variations de la vitesse s'effectuent autour d'une valeur moyenne, ce qui donne pour les composantes de la vitesse à un instant donné, dans un trièdre  $O x y z$  :

$$\mathbf{V} = \overline{\mathbf{V}} + \mathbf{V}' \quad \begin{cases} u = \overline{u} + u' \\ v = \overline{v} + v' \\ w = \overline{w} + w' \end{cases}$$

$$\overline{\mathbf{V}} = \begin{cases} \overline{u} \\ \overline{v} \\ \overline{w} \end{cases} \text{ est la vitesse moyenne}$$

$$\mathbf{V}' = \begin{cases} u' \\ v' \\ w' \end{cases} \text{ est la fluctuation de la vitesse autour de la vitesse moyenne.}$$



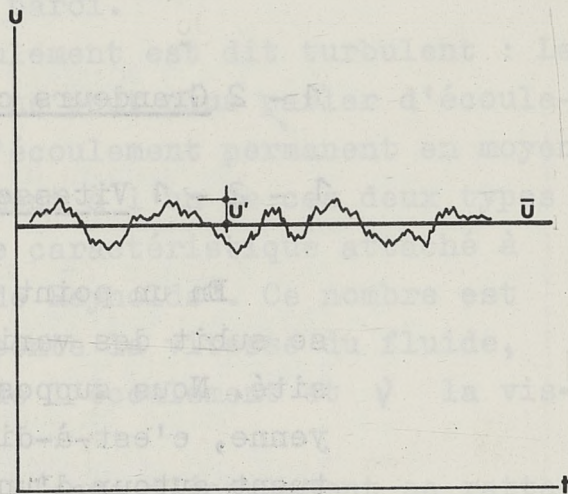
Des définitions ci-dessus, on peut tirer les relations :

$$\overline{u} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u dt$$

$$\overline{v} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T v dt$$

$$\overline{w} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T w dt$$

$$\overline{u'} = \overline{v'} = \overline{w'} = 0$$



Enfin notons que, par hypothèse, les fluctuations des composantes de la vitesse moyenne restent faibles devant ces composantes.

### 1.2.2. Intensité de turbulence

La grandeur de la turbulence dans une direction, Ox par exemple, est liée à la valeur de la fluctuation dans cette direction, soit  $u'$  dans notre exemple.

Au lieu de prendre  $u'$  pour définir l'importance de la turbulence, on utilise l'expression  $I_x = \frac{\sqrt{u'^2}}{\bar{V}}$  qui est appelée l'intensité de turbulence suivant la direction Ox.

$\sqrt{u'^2}$  est la valeur quadratique moyenne de  $u'$  et  $\bar{V}$  la vitesse moyenne de l'écoulement. On définit de la même manière les intensités de turbulence  $I_y = \frac{\sqrt{v'^2}}{\bar{V}}$  et  $I_z = \frac{\sqrt{w'^2}}{\bar{V}}$  dans les directions Oy et Oz.

Si  $\overline{u'^2} = \overline{v'^2} = \overline{w'^2}$ , l'intensité de turbulence est la même dans les trois directions et la turbulence est dite "isotrope".

Si l'intensité de turbulence ne dépend pas du point choisi dans l'écoulement la turbulence est homogène.

### 1.2.3. Coefficients de corrélation - Echelles de turbulence

Soient deux points A (x,y,z,) et B (x+r,y,z) situés sur l'axe x'x supposé dirigé dans la direction de l'écoulement (y'y est alors l'axe transversal et z'z l'axe vertical).

Formons le produit  $u'_A \cdot u'_B$  dont nous prenons la valeur moyenne  $\overline{u'_A \cdot u'_B}$ . S'il n'y a aucune corrélation entre  $u'_A$  et

$u'_B$ ,  $\overline{u'_A \cdot u'_B}$  est nul. Par contre, s'il y a corrélation, c'est-à-dire s'il existe en moyenne une relation entre  $u'_A$  et  $u'_B$ , le produit  $\overline{u'_A \cdot u'_B}$  n'est pas nul.

On définit alors un coefficient longitudinal de corrélation :

$$f = \frac{\overline{u'_A \cdot u'_B}}{\sqrt{\overline{u'^2}_A \cdot \overline{u'^2}_B}}$$

qui s'écrit dans le cas de la turbulence homogène et isotrope :

$$f = \frac{\overline{u'_A \cdot u'_B}}{\sqrt{\overline{u'^2}}}$$

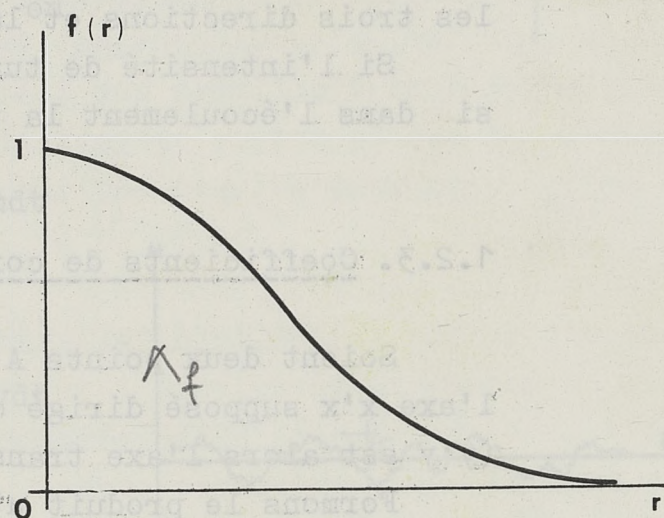
Le coefficient  $f$  est compris entre 0 (aucune corrélation) et 1 ( $u'_B$  et  $u'_A$  sont reliés par une relation linéaire).

En faisant varier la distance  $r = AB$ , on obtient la fonction  $f(r)$ .

Nous pourrions, de la même manière, établir l'ensemble des 9 coefficients de corrélation en reliant 2 à 2 les composantes de  $u'_A, v'_A, w'_A$  avec celles de  $u'_B, v'_B$  et  $w'_B$ .

En revenant à  $f(r)$ , nous pouvons définir une longueur caractéristique des écoulements turbulents, qui correspond à la distance maximale de

corrélation entre les vitesses en deux points de l'écoulement. La courbe  $f(r)$  a l'allure ci-contre. Elle montre que le degré de corrélation diminue quand la distance séparant les deux points augmente et devient pratiquement nul au delà d'une certaine distance : On définit ainsi une échelle intégrale appelée "échelle longitudinale de turbulence" ou encore



longueur de corrélation longitudinale" par la relation :

$$\Lambda_f = \int_0^{\infty} f(r) dr$$

Cette longueur représente en fait la dimension longitudinale des tourbillons les plus gros présents dans l'écoulement.

On peut naturellement associer des longueurs de corrélation aux autres coefficients de corrélation.

Il n'est pas possible ici de faire une étude théorique complète des écoulements turbulents. Pour plus de détails, on peut se reporter à des ouvrages spécialisés tel (2) ou (3).

### 1.3. Gradient vertical de vitesse moyenne dans la couche limite atmosphérique

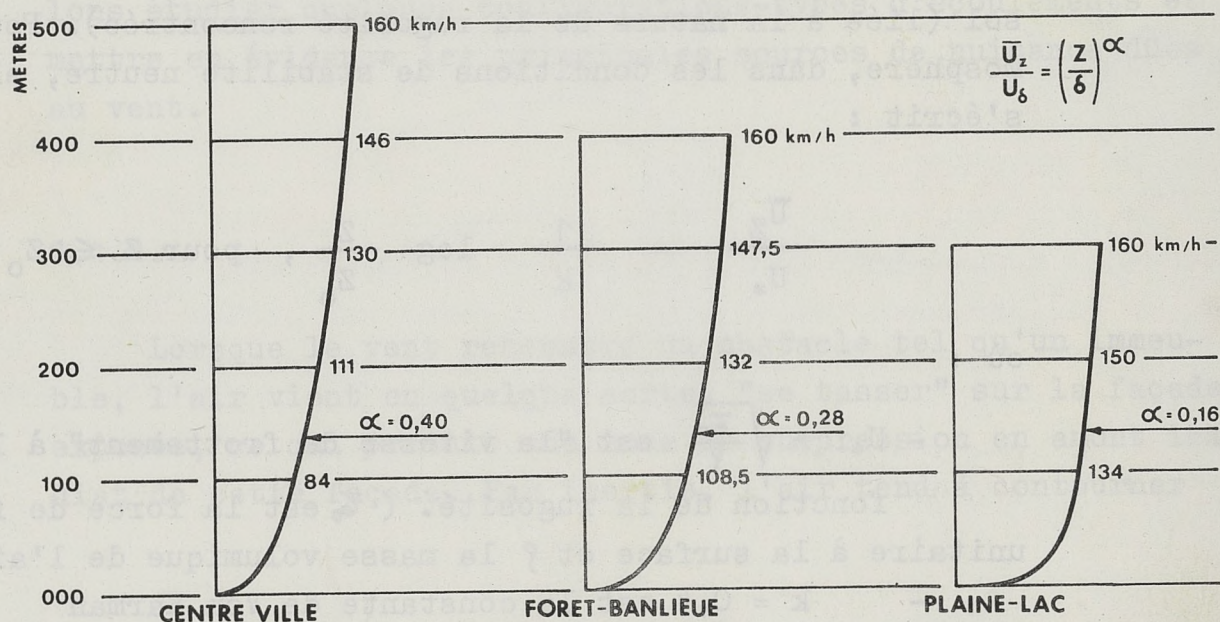
L'écoulement au niveau du sol, à cause du frottement, est pratiquement nul. Lorsqu'on s'élève la vitesse croît pour devenir constante et égale à  $\bar{U}_G$  à partir de l'altitude  $Z_G$ . L'épaisseur de couche limite étant l'altitude  $\delta$  où la vitesse est égale à :  $\bar{U}_\delta = 95 \% \bar{U}_G$ .

Plusieurs formules empiriques ou théoriques représentent cette variation de vitesse moyenne avec l'altitude. Parmi elles, deux distributions de la vitesse moyenne sont généralement retenues dans le cas d'écoulement turbulent établi et bidimensionnel :

#### 1.3.1. La loi en puissance

Elle s'exprime sous la forme 
$$\frac{\bar{U}_Z}{\bar{U}_\delta} = \left( \frac{Z}{\delta} \right)^\alpha \quad Z \leq \delta$$

Dans des conditions de stabilité neutre, les paramètres  $\alpha$  et  $\delta$  dépendent essentiellement de la nature du sol ou "rugosité" rencontrée. L'expérience a montré que l'on pouvait





schématiser la couche limite atmosphérique suivant le site de la façon suivante :

|                                       | $\delta$ | $\alpha$ |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Rugosité faible<br>(plaine, campagne) | 300 m    | 0,16     |
| Rugosité moyenne<br>(bois, banlieue)  | 400 m    | 0,28     |
| Rugosité forte<br>(centre des villes) | 500 m    | 0,40     |

Le schéma ci-dessus représente ces trois types de rugosité et les gradients de vitesse associés. Il est toutefois nécessaire de préciser que ces valeurs ne définissent que des ordres de grandeur, suivant la nature du sol il est possible d'obtenir tous les intermédiaires. Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus, ont été tirés de différentes publications (4), (5), (6) et (7).

### 1.3.2. La loi logarithmique

Issue de la théorie de la couche limite turbulente (2), elle exprime le fait que la vitesse moyenne  $\bar{U}_Z$  est fonction de l'altitude  $Z$  et de la force de frottement au contact du sol (liée à la nature de la rugosité rencontrée). Pour l'atmosphère, dans les conditions de stabilité neutre, elle s'écrit :

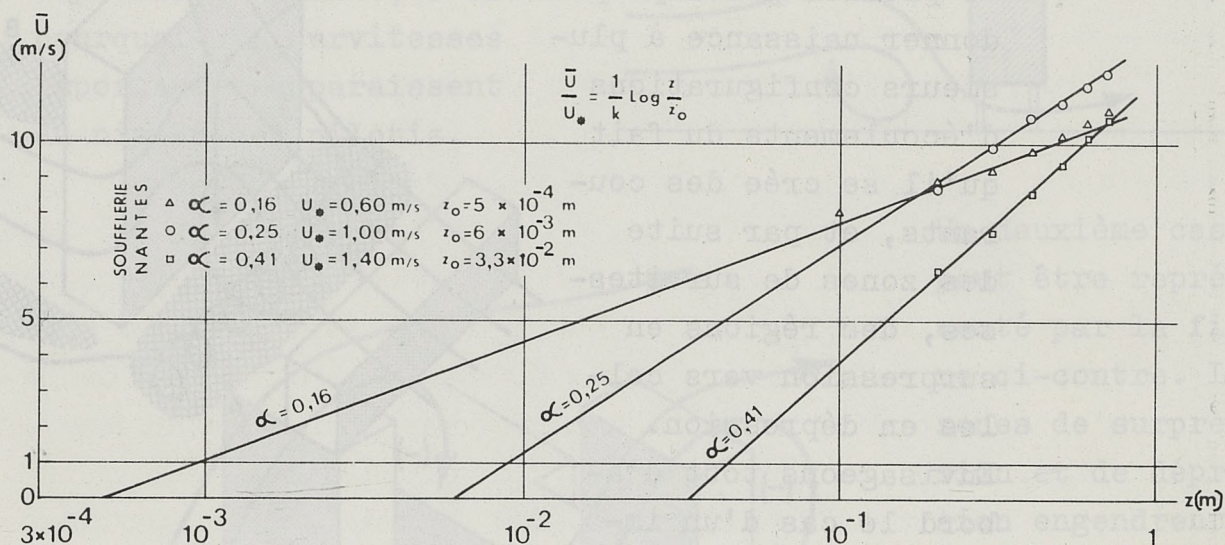
$$\frac{\bar{U}_Z}{U_*} = \frac{1}{k} \log \frac{Z}{Z_0}, \text{ pour } Z \leq Z_0$$

où :

-  $U_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$  est "la vitesse de frottement" à la surface fonction de la rugosité. ( $\tau_0$  est la force de frottement unitaire à la surface et  $\rho$  la masse volumique de l'air).

-  $k = 0,4$  est la constante de Von Karman

-  $z_0$  est "le paramètre de rugosité" qui apparaît d'après la relation ci-dessus comme la hauteur correspondant à une vitesse moyenne nulle :  $\bar{U}_{z_0} = 0$ . Ce paramètre qui ne dépend que de la rugosité, la caractérise, mais n'a aucune signification d'ordre pratique dans la nature.



#### 1.4. Écoulement autour des constructions

Il est important de donner quelques précisions sur le comportement aérodynamique du vent, lorsqu'il rencontre un immeuble ou un ensemble d'immeubles. A cet effet, nous allons étudier quelques configurations-types d'écoulements et mettre en évidence les principales sources de nuisance dues au vent.

##### 1.4.1.

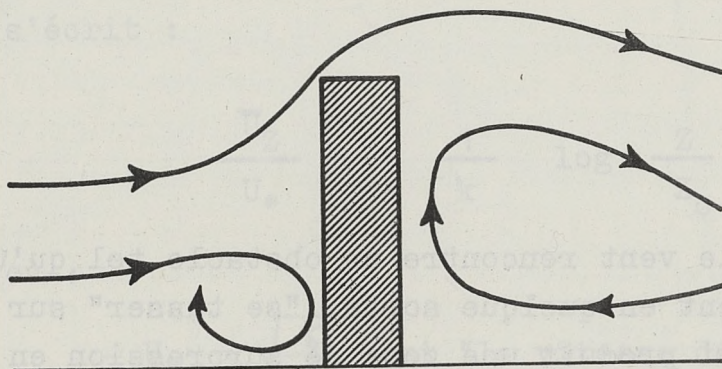
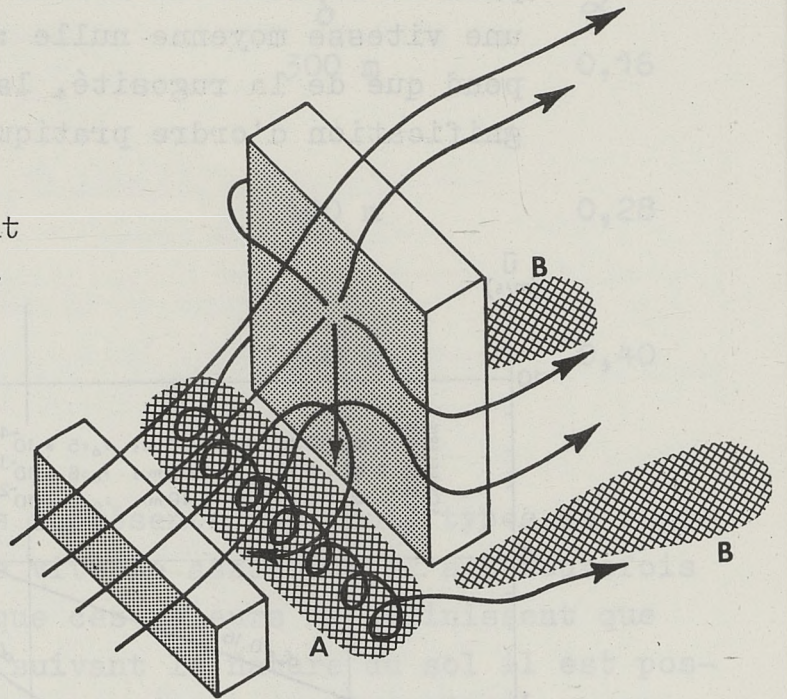
Lorsque le vent rencontre un obstacle tel qu'un immeuble, l'air vient en quelque sorte, "se tasser" sur la façade exposée, ce qui produit une zone de surpression en amont immédiat de cette façade. Par inertie, l'air tend à contourner

l'obstacle par les côtés et par le haut ce qui donne naissance à une zone dépressionnaire à l'arrière de la construction.

Ce premier principe peut donner naissance à plusieurs configurations d'écoulements du fait qu'il se crée des courants, et par suite des zones de survitesses, des régions en surpression vers celles en dépression.

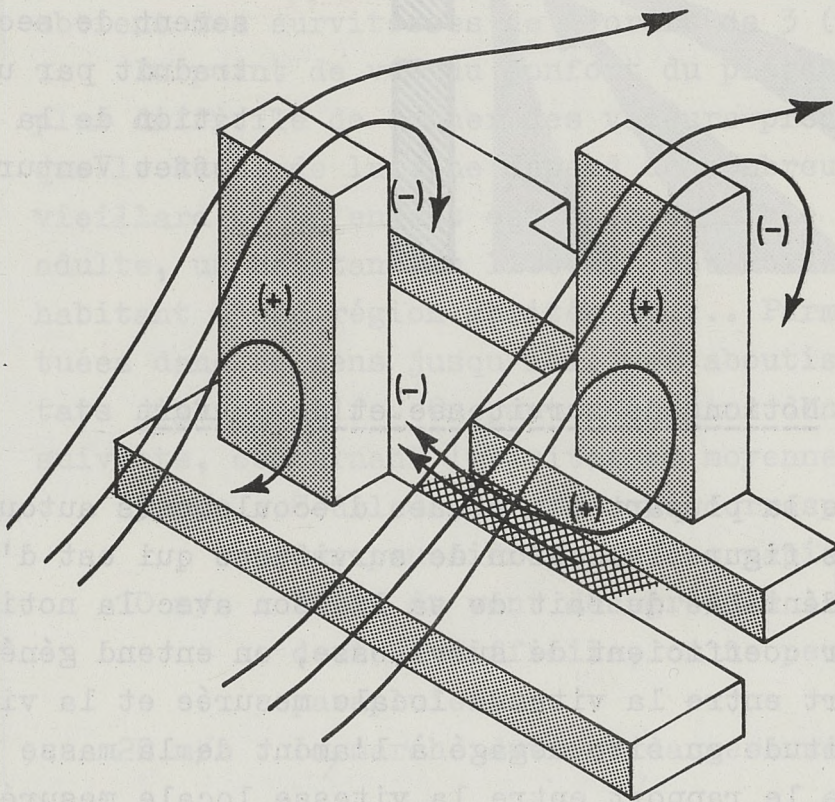
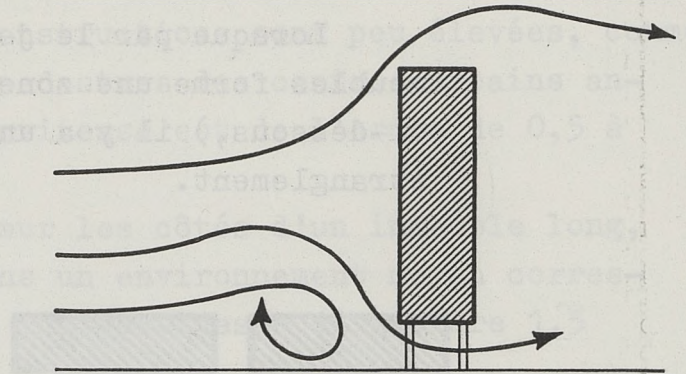
Envisageons tout d'a-

bord le cas d'un immeuble long, haut et peu épais orthogonal <sup>au</sup> vent représenté sur la figure ci-contre. Nous constatons qu'entre les  $\frac{2}{3}$  et les  $\frac{3}{4}$  de la hauteur de l'immeuble, l'écoulement se sépare (zone de surpression maximum). Au dessus de cette séparation, l'écoulement franchit l'obstacle. Au dessous, le vent descend et forme une zone de tourbillons à l'avant de l'immeuble. Ces tourbillons s'échappent latéralement et engendrent des zones de survitesses importantes en A et B. (8)



A l'arrière de l'immeuble dans la zone dépressionnaire, on est également en présence d'une zone tourbillonnaire qui forme "le sillage".

Si on est en présence d'une construction identique mais munie de pilotis, une partie de l'écoulement amont est aspirée à travers ces orifices à cause de la dépression arrière, c'est pourquoi des survitesses importantes apparaissent au niveau des pilotis.

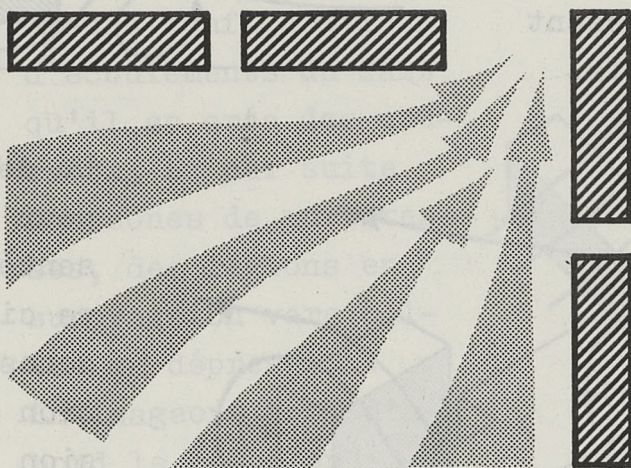


Un deuxième cas peut être représenté par la figure ci-contre. Les zones de surpression et de dépression engendrent des types d'écoulement comparables au précédent sur chaque immeuble. Le fait important ici est la combinaison de la dépression à l'arrière du premier immeuble avec la surpression à l'avant du second qui crée un écoulement

au voisinage du sol dans le sens indiqué sur le schéma, ce qui induit des survitesses importantes dans ce lieu de passage pour piétons à un point tel qu'il a fallu le couvrir (8).

1.4.2.

Lorsque par le jeu des constructions, un ensemble d'immeubles forme une zone d'étranglement pour le vent (figure ci-dessous,) il y a une zone de survitesse au niveau de cet étranglement.



En effet, le débit de l'air dans chaque section étant le même (exception faite du volume d'air qui s'échappe par le haut) tout retrécissement de section se traduit par une augmentation de la vitesse (effet Venturi).

1.4.3. Notion de survitesse et de confort

Dans la plupart des études d'écoulements autour des constructions figure la notion de survitesse qui est d'une importance indéniable du fait de sa liaison avec la notion de confort. Par coefficient de survitesse, on entend généralement le rapport entre la vitesse locale mesurée et la vitesse à la même altitude en site dégagé à l'amont de la masse construite ou encore le rapport entre la vitesse locale mesurée et la vitesse au même endroit en l'absence de construction. Si les deux valeurs obtenues sont du même ordre de grandeur, elles sont toutefois différentes étant donné que dans le premier cas, la vitesse amont choisie comme référence dépend malgré tout de la présence des constructions, car l'effet perturbateur de celles-ci, "remontant le vent", modifie le gradient de vitesse à l'amont (10). La première définition de ce coefficient de survitesse a donc un caractère moins absolu que la seconde, que nous adopterons dans la suite.

Dans un but de précision, nous pouvons donner quelques valeurs de ce coefficient obtenues en site réels dans des cas bien précis : Lorsque les constructions sont peu élevées, comme par exemple dans les zones pedestres des centres urbains anciens, le coefficient de survitesse est de l'ordre de 0,5 à 0,7 (8).

Au pied, à l'avant et sur les côtés d'un immeuble long, haut et peu épais, isolé dans un environnement moyen correspondant à  $R + 4$ , on obtient une survitesse de l'ordre 1,5 à 2 (8).

Dans un environnement identique au précédent, sous des pilotis ou des traversées d'immeubles au niveau du sol on obtient des survitesses de l'ordre de 3 (8).

Du point de vue du confort du piéton, il est beaucoup plus difficile de donner des valeurs précises étant donné que le seuil de la gêne dépend de nombreux facteurs : un vieillard ou un enfant est plus sensible au vent qu'un adulte, un habitant du littoral est moins sensible qu'un habitant d'une région abritée etc... Parmi les études effectuées dans ce sens jusqu'ici, peu aboutissent à des résultats significatifs. On peut néanmoins donner les résultats suivants, concernant les vitesses moyennes (8) :

5 m/s : Seuil de la gêne qui correspond au soulèvement des poussières, et des papiers.

10 m/s : Effet du vent désagréable : la marche régulière devient difficile, on ne peut plus utiliser les parapluies.

20 m/s : La marche devient dangereuse.

En conclusion, les auteurs du rapport définissent le seuil du confort en disant que le vent doit dépasser la vitesse moyenne de 5 m/s le moins souvent possible dans les zones pedestres, ce qui reste bien évidemment très vague.

Dans une autre étude (11), le seuil de la gêne est défini par la relation :

$$\bar{U} + 4\sqrt{U'^2} \leq 5 \text{ m/s}$$

Condition beaucoup plus restrictive que la précédente et qui aboutit à des conclusions beaucoup trop sévères quant aux

zones d'inconforts.

Quant à nous, nous utiliserons un autre critère de confort (10) défini par la relation :

$$\bar{U} + \sqrt{U'^2} \leq \bar{U}_* + \sqrt{U_*'^2}$$

ou  $\bar{U}_*$  est la vitesse maximum tolérée et  $\sqrt{U_*'^2}$  la valeur quadratique moyenne associée.

Cette relation peut s'écrire :

$$\bar{U} \left( 1 + \frac{\sqrt{U'^2}}{\bar{U}} \right) \leq \bar{U}_* \left( 1 + \frac{\sqrt{U_*'^2}}{\bar{U}_*} \right)$$

Soit, pour introduire le coefficient de survitesse tel qu'il a été défini au début de ce paragraphe :

$$\frac{\bar{U}}{\bar{U}_{\text{réf}}} \cdot \left( 1 + \frac{\sqrt{U'^2}}{\bar{U}} \right) \leq \frac{\bar{U}_*}{\bar{U}_{\text{réf}}} \cdot \left( 1 + \frac{\sqrt{U_*'^2}}{\bar{U}_*} \right)$$

En appelant  $K$  le coefficient de survitesse et  $I$  l'intensité de turbulence, en prenant comme valeur du seuil  $\bar{U}_*$ , 5 m/s et pour  $\frac{\sqrt{U_*'^2}}{\bar{U}_*}$  une valeur correspondant à un site rural ( $\alpha = 0,16$ )

et égale à 20 %, on a :

$$K ( 1 + I ) \leq \frac{6}{\bar{U}_{\text{réf}}}$$

On définit à partir de là un paramètre du confort  $\varphi = K ( 1 + I )$  et le seuil du confort :  $\varphi_r = \frac{6}{\bar{U}_{\text{réf}}}$

La condition de confort qui s'écrit alors  $\varphi \leq \varphi_r$  nous servira à quantifier nos résultats au chapitre 5.

#### 1.4.4.

Comme nous venons de le voir, lorsque l'on se trouve en présence d'une construction ou d'un ensemble limité de constructions, il est possible de prévoir relativement bien la nature de l'écoulement et les zones de survitesses. On peut même, à ce niveau, à des fins d'optimisation, faire des

études systématiques en faisant varier les positions et les formes des constructions (9).

Il n'en est plus de même lorsque nous sommes en présence de véritables plans-masse où les effets locaux se combinent avec les effets globaux d'interaction de l'ensemble des constructions. A cet effet, la présente étude se propose d'apporter quelques informations sur la configuration des écoulements et le champ de vitesse à l'intérieur d'un certain nombre de plans-masse représentant des sites réels construits ou en projet (cf. Chap. 3).

Notre étude concerne directement les effets du vent à la périphérie des ensembles construits, il s'avère cependant indispensable de situer les mouvements de l'air par rapport aux autres composantes d'un climat ou d'un micro-climat, et d'indiquer les sources et les utilisations possibles des informations correspondantes.

#### 2.1. Les paramètres du climat

Le climat d'une région ou d'un lieu donné est déterminé par plusieurs paramètres et par les variations respectives et combinées de chacun d'entre eux.

Pour ce qui concerne plus particulièrement le confort de l'homme et les caractéristiques utilisables dans le domaine de la construction de bâtiments on retient les éléments suivants :

- 2.1.1. - Le rayonnement solaire
- 2.1.2. - Le rayonnement terrestre et atmosphérique
- 2.1.3. - La température de l'air
- 2.1.4. - La pression de l'air et le régime des vents
- 2.1.5. - L'humidité atmosphérique et les précipitations

La climatologie aborde leur articulation et leur distribution sur la surface terrestre. A côté d'ouvrages de base tels que ceux de GEIGER (12), MULLER (13) et TREWARCHA (14) l'approche de GIVONI (15) pose plus nettement le problème d'une climatologie du bâtiment et de l'aménagement urbain.



études expérimentales en faisant varier les paramètres et les  
 conditions de travail (1) pour en tirer des conclusions  
 et en particulier pour en tirer des conclusions sur les  
 effets des vibrations sur les personnes travaillant dans  
 les machines et les engins. A cet effet, la présente étude se propose  
 de définir un coefficient de survivabilité qui permettra de  
 comparer les différents types de vibrations et de les classer  
 en fonction de leur dangerosité pour l'homme. Ce coefficient  
 sera défini à partir de la relation entre la vitesse de vibration  
 et le champ de vibration. Les résultats de cette étude sont  
 présentés dans le tableau ci-dessous.

$$K = \frac{U}{U_{ref}} \cdot (1 + I \cdot \frac{\sqrt{U^2}}{U})$$

Soit, pour introduire le coefficient de survivabilité tel  
 qu'il a été défini au début de ce paragraphe :

$$\frac{U}{U_{ref}} \cdot (1 + I \cdot \frac{\sqrt{U^2}}{U}) = \frac{U}{U_{ref}} \cdot (1 + I \cdot \frac{\sqrt{U^2}}{U})$$

En appelant K le coefficient de survivabilité et I l'inten-  
 sité de turbulence, en prenant comme valeur de référence  $U_{ref}$ , 5 m/s  
 et pour  $\frac{U^2}{U_{ref}^2}$  une valeur correspondant à un cas limite ( $\alpha = 0,16$ )  
 on a :

$$K (1 + I) \leq \frac{6}{U_{ref}}$$

On définit à partir de là un paramètre de confort  
 $\phi = K (1 + I)$  et le seuil de confort :  $\phi_{ref} = \frac{6}{U_{ref}}$

La condition de confort qui s'écrit alors  $\phi \geq \phi_{ref}$   
 nous servira à quantifier nos résultats au chapitre 5.

1.4.4.

Comme nous venons de le voir, lorsqu'on se trouve  
 en présence d'une construction ou d'un ensemble limité de  
 constructions, il est possible de prévoir relativement bien  
 la nature de l'écoulement et les zones de survivabilité. On  
 peut même, à ce niveau, évaluer les conditions de survivabilité.

CHAPITRE 2

RAPPELS CLIMATOLOGIQUES ET METEOROLOGIQUES

Notre étude concerne directement les effets du vent à la périphérie des ensembles construits, il s'avère cependant indispensable de situer les mouvements de l'air par rapport aux autres composantes d'un climat ou d'un micro-climat, et d'indiquer les sources et les utilisations possibles des informations correspondantes.

2.1. Les paramètres du climat

Le climat d'une région ou d'un lieu donné est déterminé par plusieurs paramètres et par les variations respectives et combinées de chacun d'entre eux.

Pour ce qui concerne plus particulièrement le confort de l'homme et les caractéristiques utilisables dans le domaine de la construction de bâtiments on retient les éléments suivants :

- 2.1.1. - Le rayonnement solaire
- 2.1.2. - Le rayonnement terrestre et atmosphérique
- 2.1.3. - La température de l'air
- 2.1.4. - La pression de l'air et le régime des vents
- 2.1.5. - L'humidité atmosphérique et les précipitations

La climatologie aborde leur articulation et leur distribution sur la surface terrestre. A côté d'ouvrages de base tels que ceux de GEIGER (12), MILLER (13) et TREWARTHA (14) l'approche de GIVONI (15) pose plus nettement le problème d'une climatologie du bâtiment et de l'aménagement urbain.

## 2.2. L'importance relative des paramètres suivant les climats

### 2.2.1.

Il est évident que la répartition des paramètres climatiques et leur combinaison induit une multitude de situations climatiques. Les classifications que l'on peut effectuer aboutissent à la définition de catégories ou de types de climats. Il faut cependant souligner que ces catégories peuvent varier en fonction de l'objectif particulier que vise l'analyse climatologique. Les distinctions usuelles établies doivent être nuancées et détaillées suivant que l'on aborde des problèmes liés à l'agriculture, à la navigation ou à la construction (13) et (15).

### 2.2.2.

L'ajustement climatique d'un bâtiment ou d'un ensemble de bâtiments et d'aménagements nécessite la connaissance du climat dans la perspective d'une amélioration du confort des utilisateurs à l'intérieur et à l'extérieur de ce qui est bâti.

Cette connaissance repose sur l'appréciation de la part respective de chacun des paramètres constituant le climat. L'ajustement vise ensuite à définir les modalités d'utilisation ou de protection en regard des différents phénomènes pris isolément puis globalement. Ainsi en climat froid l'objectif sera de fournir une protection contre la pluie et le vent tout en permettant l'utilisation optimale de la lumière solaire. Pour un climat chaud et humide on cherchera à l'inverse à se protéger des radiations solaires et à obtenir les meilleures conditions de ventilation. Il résulte de telles considérations qu'un élément climatique quelconque, le vent par exemple, doit être situé par rapport aux autres variables climatiques. Cette démarche doit dans son ensemble trouver sa finalité dans la recherche de conditions d'occupation satisfaisante à l'intérieur ou à l'extérieur des constructions.

### 2.2.3.

Dans un pays comme la France on relève des différences de climat qui font que tel phénomène acceptable pour certaines conditions des autres variables climatiques devient source de nuisances dans d'autres conditions. (Pour la même vitesse moyenne du vent la sensation sera différente en des lieux où les températures sont respectivement de 0 ou de 10°). A côté de ces variations locales ou régionales la règle d'interaction des variables climatiques s'applique également aux variations saisonnières de ces différentes variables (un vent établi toute l'année dans une direction dominante aura pour un site donné un effet bénéfique à la saison chaude et sera au contraire gênant par temps froid).

## 2.3. La mesure météorologique

### 2.3.1.

La connaissance météorologique a trait aux informations sur l'état actuel ou futur de l'atmosphère terrestre. Pour déterminer ce constat ou ces prévisions il faut connaître simultanément :

2.3.1.1. - La Pression

2.3.1.2. - La Température

2.3.1.3. - L'Humidité

2.3.1.4. - Les Mouvements

Les stations météorologiques d'observation mesurent notamment ces éléments en de nombreux points de l'atmosphère.

### 2.3.2.

Alors que le météorologue est principalement attaché à un travail de prévision l'architecte ou l'urbaniste attendent des données recueillies des renseignements à caractère statistique caractérisant un site donné. Ce type d'approche relève davantage de la climatologie ou de la micro-climatologie, mais de toute manière les considérations de l'une ou de l'autre discipline renvoient à des séries de mesures effectuées dans le passé dans le cadre d'observations météorologiques.

Le climat d'une région ou d'un secteur est d'abord caractérisé par les moyennes des paramètres climatologiques portant sur plusieurs dizaines d'années d'observation. En raison de la grande variabilité de certains paramètres il est de plus indispensable de connaître la fréquence et la valeur des extrêmes. La connaissance de la seule moyenne est insuffisante pour caractériser complètement l'aspect aléatoire des variables climatologiques (15), (16).

## 2.4. L' échelle météorologique.

### 2.4.1.

De la même façon que l'aménageur, l'urbaniste ou l'architecte retiennent des niveaux d'information à l'échelle de la région, de la ville, du bâtiment ; les météorologistes distinguent macro-climat, climat local, micro-climat (17). Ils définissent une échelle d'étude en fonction des phénomènes qu'ils abordent et considèrent en particulier (comme c'est le cas en mécanique des fluides et en thermodynamique) le fluide atmosphérique comme un ensemble de "particules" définies à leur tour comme des domaines élémentaires. A l'intérieur de ces domaines les paramètres d'état et de mouvement sont supposés répartis uniformément. - Les dimensions de particules définissent la finesse de l'étude et l'échelle retenue. On distingue :

#### 2.4.1.1.

L'échelle synoptique ou échelle régionale. - Elle correspond à un découpage de l'atmosphère en "particules synoptiques" reprenant en gros le maillage des stations météorologiques d'observations. Les "particules synoptiques" ont pour centre la station d'observation. Ce découpage aboutit, tout au moins dans les pays développés à la définition de mailles de quelques dizaines de kilomètres. Les différences de pression n'excédant pas 1 à 2 mb pour des distances horizontales de cet ordre ; on prend pour dimension verticale de la particule une hauteur correspondant à la même différence de pression, soit une dizaine de mètres.

#### 2.4.1.2.

L'échelle aérologique. - Pour des études plus fines de certains phénomènes, tels que les mouvements turbulents, la condensation de la vapeur d'eau, les mouvements ascendants ou descendants locaux, on définit une échelle plus réduite dont les particules ont des dimensions horizontales de quelques dizaines de mètres.

#### 2.4.1.3.

L'échelle locale. - Les météorologues distinguent une troisième échelle intermédiaire permettant d'analyser des phénomènes qui ne sont pas suffisamment décrits par les mesures à l'échelle synoptique. Cette échelle tient compte principalement des caractéristiques du site (relief, couvert végétal exposition, nature du sol...) susceptibles d'avoir une influence locale sur le temps. Cette influence se traduit principalement par des actions dynamiques modifiant l'écoulement du vent et des actions thermiques résultants des chauffements différents du sol.

### 2.5. Les données météorologiques disponibles sur le vent.

En dehors des observations empiriques dont il ne faut pas mésestimer l'importance l'architecte ou l'urbaniste disposent de deux sources principales de données concernant le vent :

- L'atlas climatique de la France (18)
- Les données statistiques publiées par la Météorologie Nationale.

#### 2.5.1. L'Atlas climatique

##### 2.5.1.1.

L'Atlas Climatique comporte une carte des stations météorologiques (planche 1), cette carte est à actualiser en supprimant les stations pour lesquelles on ne possède pas de données sur le vent (planche 2). La nouvelle série de stations obtenue doit être également revue. Certains sites



STATIONS METEOROLOGIQUES FIGURANT  
SUR L'ATLAS CLIMATIQUE DE LA FRANCE



**STATIONS METEOROLOGIQUES POUR LESQUELLES LA METEOROLOGIE  
NATIONALE FOURNIT DES DONNEES STATISTIQUES**



n'ont en effet aucun intérêt du point de vue des études urbaines et architecturales, (par exemple le Pic du Midi ou le Mont Aigoual) ; les autres doivent être examinées en tenant compte le cas échéant de l'environnement très particulier de la station d'observation, ou de la différence que présente son site avec le site de la zone urbaine proche pour lequel on recherche des données. (C'est le cas de certaines stations du littoral ou de stations implantées à proximité d'un aéroport ou d'un site dégagé). Les positions respectives de la station et du site que l'on étudie doivent donc être analysées avec soin de manière à apprécier la compatibilité ou la différence des situations à l'échelle locale.

#### 2.5.1.2.

En dehors de la position des stations d'observation les planches de l'atlas climatologique donnent des indications sur la direction, la fréquence, la vitesse du vent sous forme de rose des vents pour 34 villes importantes. Ces roses des vents donnent la fréquence des directions (18 directions à partir du cercle des vents calmes ( 2 m/s), avec des repères colorés pour les vents de vitesses successivement :

2 m/s,                      5 m/s                      8 m/s.

Ces planches intéressent : les moyennes annuelles (indice a ) la moyenne de Janvier (indice b ), enfin la moyenne de Juillet (indice c) (planches 3 et 4).

Les informations correspondantes doivent être interprétées, là encore, en fonction des positions relatives de la zone d'observation et de la zone étudiée, ainsi que de leurs caractéristiques respectives.

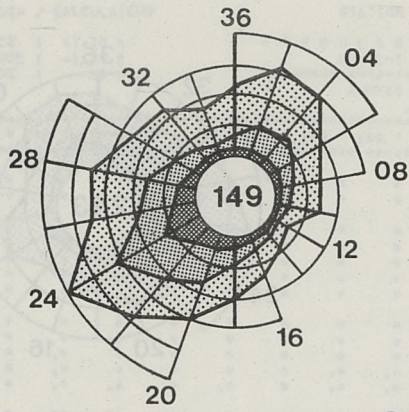
#### 2.5.2. Les données de la Météorologie Nationale

La Météorologie Nationale publie des tableaux de relevés mensuels pour l'ensemble de ses stations (cf. 2.5.1.1.) et des statistiques pour chacune d'entr'elles (période 1962-1970) (planche 5) en ce qui concerne le vent ces statistiques comportent notamment :

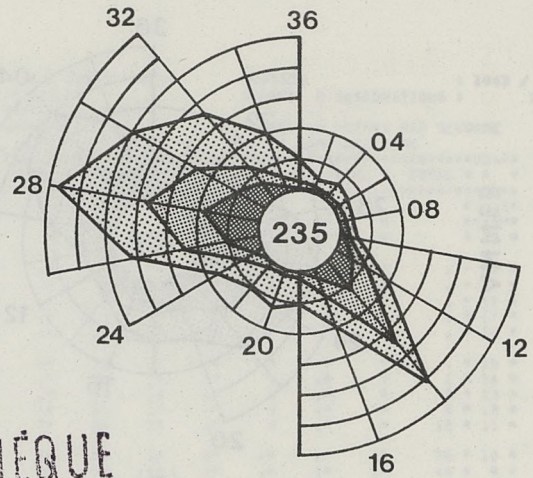
REG. PARISIENNE

TOULOUSE

ANNEE



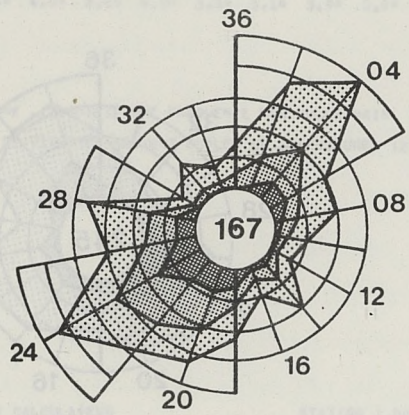
(a)



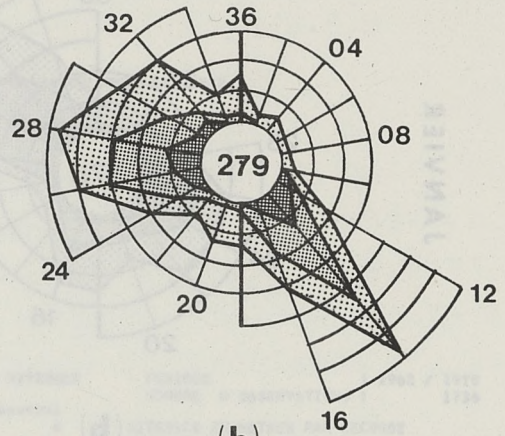
(a)

BIBLIOTHÈQUE  
U.P. 3

JANVIER

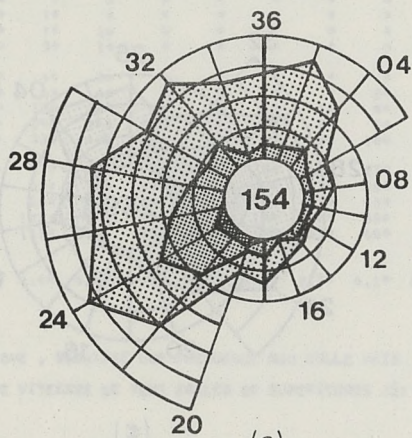


(b)

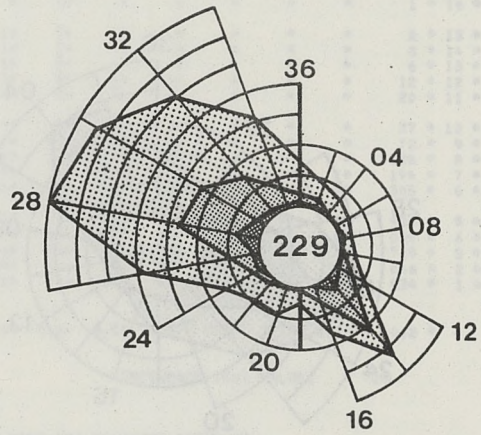


(b)

JUILLET



(c)



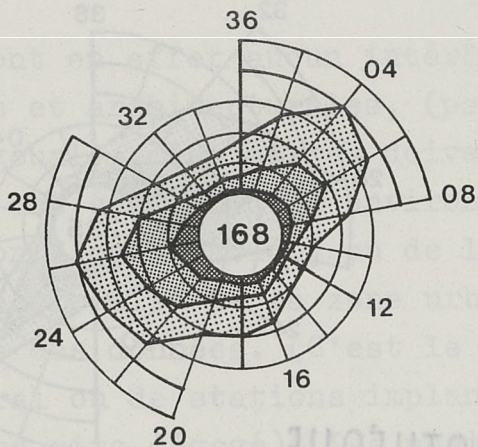
(c)

ROSES DES VENTS

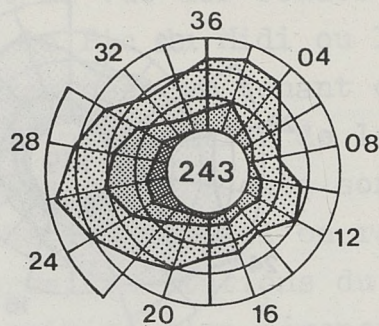
NANTES

BORDEAUX

ANNEE

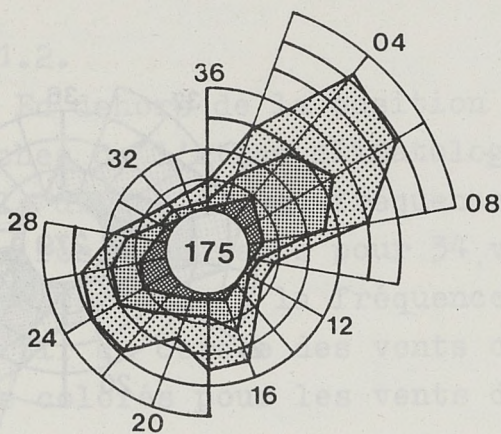


(a)

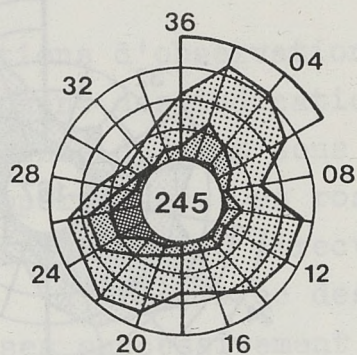


(a)

JANVIER

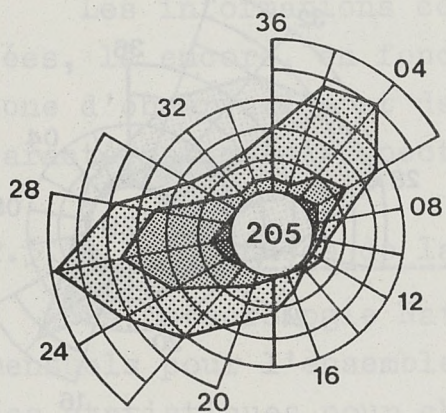


(b)

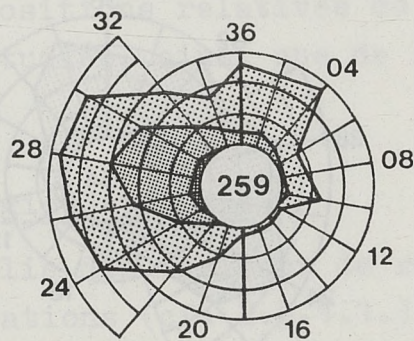


(b)

JUILLET



(c)



(c)

S.M.M / CLIM / CALCULATEUR

STATION : NANTES

LATITUDE : 47.10 N  
 LONGITUDE : -1.37 E  
 ALTITUDE : 26 M

F R E Q U E N C E S MOYENNES POUR 1000 DES VITESSES  
 DE VENT EN FONCTION DES DIRECTIONS

PERIODE : 1962 / 1970  
 NOMBRE D OBSERVATIONS : 20456

| ANNEES (MOIS ET HEURES CUMULEES) | VITESSES EN METRES PAR SECONDE<br>ROSE DE 18 DIRECTIONS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|                                  | 020   | 040 | 060 | 080 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | TOTAL |
| 22                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 22    |
| 20                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 20    |
| 19                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 19    |
| 18                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 18    |
| 17                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 17    |
| 16                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 16    |
| 15                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 15    |
| 14                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 14    |
| 13                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 13    |
| 12                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 12    |
| 11                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 11    |
| 10                               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 10    |
| 9                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 9     |
| 8                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 8     |
| 7                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 7     |
| 6                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6     |
| 5                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5     |
| 4                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4     |
| 3                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3     |
| 2                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2     |
| 1                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1     |

FREQUENCE VENT CALME: 62

NB1 LE SIGNE . SIGNIFIE UNE FREQUENCE NON NULLE MAIS < A 0.5 POUR MILLE.  
 FREQUENCES DE VITESSES DE VENT EGALES OU SUPERIEURES (2) AUX SEUILS INDIQUEES DANS LES COLONNES EXTREMES.

S.M.M / CLIM / CALCULATEUR

STATION : NANTES

LATITUDE : 47.10 N  
 LONGITUDE : -1.37 E  
 ALTITUDE : 26 M

F R E Q U E N C E S MOYENNES POUR 1000 DES VITESSES  
 DE VENT EN FONCTION DES DIRECTIONS

PERIODE : 1962 / 1970  
 NOMBRE D OBSERVATIONS : 1736

| ANNEES ET HEURES CUMULEES<br>MOIS : JANVIER | VITESSES EN METRES PAR SECONDE<br>ROSE DE 18 DIRECTIONS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|   | 020   | 040 | 060 | 080 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | TOTAL |
| 17  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 17    |
| 16  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 16    |
| 15  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 15    |
| 14  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 14    |
| 13  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 13    |
| 12  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 12    |
| 11  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 11    |
| 10  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 10    |
| 9   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 9     |
| 8   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 8     |
| 7   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 7     |
| 6   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6     |
| 5   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5     |
| 4   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4     |
| 3   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3     |
| 2   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2     |
| 1   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1     |

FREQUENCE VENT CALME: 66

NB1 LE SIGNE . SIGNIFIE UNE FREQUENCE NON NULLE MAIS < A 0.5 POUR MILLE.  
 FREQUENCES DE VITESSES DE VENT EGALES OU SUPERIEURES (2) AUX SEUILS INDIQUEES DANS LES COLONNES EXTREMES.

### 2.5.2.1.

Le tableau des fréquences pour 1000 des vitesses moyennes du vent en fonction des directions (18 directions) - vitesses tri-horaires.

- 2.5.2.1.1. - Tableaux annuels
- 2.5.2.1.2. - Suivant les heures
- 2.5.2.1.3. - Suivant les mois

### 2.5.2.2.

Les tableaux de fréquence des vitesses instantanées maximum quotidiennes

- 2.5.2.2.1. - Mensuelles
- 2.5.2.2.2. - Annuelles

### 2.5.2.3.

Les relevés mensuels par station indiquent :

- 2.5.3.1. Les valeurs moyennes (à 0,3 heures, 6 heures..) totalisant les vitesses pour chacune de ces heures sur le mois et les divisant par 30.
- 2.5.3.2. La plus forte valeur instantanée du mois avec la direction

### 2.5.2.4.

La valeur moyenne mensuelle des valeurs tri-horaires ne présente pas d'intérêt pour notre propos de plus on ne peut lui faire correspondre une direction. La valeur instantanée record en tant que telle n'est pas non plus très significative pour le type d'étude que nous menons. Les tableaux statistiques, par station, des vitesses moyennes tri-horaires sont en recanche intéressants. Ils permettent de reconstituer les roses des vents en particulier pour des stations qui n'en possèdent pas sur les planches de l'Atlas.

## 2.6. Utilisation des données sur le vent

### 2.6.1.

L'importance d'une approche globale des phénomènes climatiques exige que l'on revienne encore sur la nécessité de

ne pas séparer les données concernant les mouvements de l'air des autres variables et des mesures météorologiques qui leurs correspondent. La température, l'hygrométrie, le rayonnement peuvent dans des conditions de ventilation semblables créer des conditions de confort très différenciées. Une lecture, une interprétation et une utilisation conjointes des données s'imposent et c'est seulement au titre d'une restriction opératoire, visant à l'analyse détaillée de l'un des paramètres, que l'on peut isoler dans cette étude les données sur le vent.

#### 2.6.2.

Les données météorologiques relatives au vent relèvent généralement de l'échelle synoptique il est indispensable de les compléter par une approche des phénomènes, à l'échelle locale. On doit en particulier examiner :

##### 2.6.2.1.

Le relief naturel et l'action dynamique de ce relief qui créent suivant les cas des déviations de l'écoulement, des accélérations ascendantes et des zones tourbillonnaires (17) ; ou modifient en fonction de la topographie l'épaisseur de la couche limite et l'intensité de turbulence ( ).

##### 2.6.2.2.

Le relief créé par les constructions dans la zone étudiée ou à la périphérie de celle-ci. En effet les bâtiments et en particulier les bâtiments élevés définissent une rugosité modifiant les caractéristiques de la couche limite. ( ) Suivant le type de constructions et leurs densités on relèvera des accroissements ou des diminutions des vitesses moyennes locales et des intensités de turbulence. Ce phénomène sera abordé aux chapitres 5 et 6 du présent rapport.

##### 2.6.3.

Un élément supplémentaire intervient par rapport à ce qui précède il s'agit de la nature et de l'affectation de la construction ou de l'aménagement prévu. De même que les don-

nées météorologiques doivent être nuancées par l'étude des conditions à l'échelle locale ; l'appréciation des facteurs météorologiques et de leur importance dépend du type d'opérations que l'on veut réaliser sur le site ( ) de manière schématique il importe de savoir si celles-ci :

2.6.3.1. - Sont influencées par le temps et le climat local

2.6.3.2. - Influencent elles-mêmes sur le temps et le climat local du lieu d'implantation

2.6.3.3. - N'ont aucune influence sur le temps et le climat local et vice versa

2.6.3.4. - Sont à la fois influencées et influencent sur le temps et le climat local.

## CHAPITRE 3

### ANALYSE TYPOLOGIQUE, CONSTITUTION DE L'ECHANTILLON

---

#### 3.1.

L'analyse de la distribution des vitesses dans des ensembles existants a pour but d'améliorer la connaissance du champ de vitesse du vent et de définir des règles permettant au concepteur, qui projette une disposition donnée, d'évaluer la portée de ses décisions par rapport aux phénomènes aérodynamiques.

En raison de la complexité et de l'échelle des phénomènes il n'est pas question de multiplier les mesures in-situ en grandeur réelle. L'étude du champ de vitesse du vent à la périphérie des bâtiments suppose donc des dispositifs de simulation en soufflerie.

Sur quels modèles doit-on opérer, pour obtenir les résultats suffisamment généraux, permettant de formuler des indications utilisables pendant la phase de conception ? Doit-on retenir exclusivement les ensembles les plus récents ? Doit-on au contraire faire la part aux réalisations anciennes ?

De fait la référence à un passé trop éloigné n'a de sens que dans la mesure où certaines modes formelles font réapparaître des dispositions plus ou moins anciennes. (On peut citer l'exemple des immeubles définissant des espaces du type cour sur le modèle et aux dimensions des plans de certaines places des 17ème et 18ème siècle).

L'établissement de ce type de filiation sortant de notre propos nous avons choisi d'examiner la production de projets sur une période d'une douzaine d'année. Nous avons fait l'hy-



pothèse que les jeux combinés de l'innovation et du conservatisme en matière de conception architecturale aboutissent, au même moment, à la production d'une solution vraiment novatrice en terme de morphologie et d'organisation spatiale et d'une disposition reprenant des solutions formelles et techniques vieilles de 10 ans et plus.

Pour cette raison l'analyse typologique, qui avait pour but de mettre à jour quelques modèles caractéristiques en passant en revue des configurations généralement adoptées par les concepteurs, a porté sur des ensembles construits depuis 1959.

La documentation de départ a été constituée à partir des informations suivantes :

3.1.1. - La liste de 204 Z.U.P. importantes réalisées de 1959 à 1968 publiées par la société centrale pour l'équipement du territoire.

3.1.2. - Une liste des concours et projets des établissements publics des villes nouvelles.

3.1.3. - Une liste d'opérations réalisées par la Société Immobilière de la Caisse des Dépôts et Consignations.

Ces maîtres d'ouvrages ont en effet, par l'importance des commandes passées et par l'organisation de certains concours, contribué à orienter la production des immeubles de logements en France.

### 3.2.

Sur l'ensemble des opérations retenues on a successivement appliqué 3 critères de sélection.

#### 3.2.1.

Le premier relatif à la hauteur des immeubles a conduit à choisir des ensembles où les immeubles collectifs prédominaient. Il apparaissait à priori que seules les constructions de dimension importante pouvait engendrer des nuisances sérieuses, en ce qui concerne les effets aérodynamiques, et que ces nuisances devaient croître avec la hauteur et le volume des

immeubles.

### 3.2.2.

Le second critère concerne l'époque de production de ces plans. Dans la période retenue (3.1.1.) on s'est efforcé d'équilibrer la représentation des différents courants apparus successivement. (Ces courants ou ces modes et les formes qu'ils sous-tendent sont en particulier décelables de manière empirique dans le discours des professionnels).

### 3.2.3.

Le troisième critère celui de la répartition géographique, rejoignait la prise en compte des paramètres climatiques et des variations du climat sur le territoire français. La majorité des opérations constituant l'ensemble de départ se trouvant situées dans la région parisienne une répartition retenant des représentants des diverses zones climatiques a été construite. (Une tentative pour choisir des opérations dans des zones définies à partir des poids de populations depuis 14 ans fut finalement abandonnée en raison de l'absence de relation entre cette variable et les éléments morphologiques et climatiques).

### 3.2.4.

Une liste de 50 ensembles a finalement été établie. La tentative pour obtenir auprès des maîtres d'oeuvre et maîtres d'ouvrage les documents nécessaires à leur compréhension et à leur analyse, en regard de nos objectifs, n'a pas été entièrement couronnée de succès. 30 plans d'ensemble purent être réunis dans un délai compatible avec les échéances de l'étude. A ces 30 plans 3 opérations intéressant la région nantaise et qui n'avaient pas été prévues dans l'échantillon ont finalement été ajoutées portant l'ensemble étudié à un effectif de 33 plans-masse.

### 3.3.

Les 33 plans ont été calqués en utilisant une représentation unique figurant les immeubles et les voies de circulation. A partir de ces documents un travail de classement

a été entrepris dans le but de retenir ce que chaque catégorie avait de commun et de définir ainsi des configurations caractéristiques susceptibles d'être étudiées en soufflerie.

Ce classement a été obtenu à partir d'une analyse morphologique. Il a été ensuite recoupé par un choix effectué par les aérodynamiciens en fonction de leurs critères propres et de la méthodologie des essais envisagés. C'est à l'issue de la confrontation des deux démarches que l'échantillon qui devait porter sur 5 exemples a finalement été constitué de 8 plans. Nous allons examiner successivement les deux procédures.

### 3.3.1. Classement morphologique

Dans le langage courant de l'architecte les dispositions des immeubles sont repérées en terme de plan. Ce constat, en lui même significatif de l'influence des modes de représentation opératoires usuels, pose des problèmes qui sortent à l'évidence du cadre de la présente étude. Cependant ces catégories habituelles de repérage permettent d'effectuer un premier tri empirique. On peut utiliser des expressions telles que : "plans à barres", "plans à barres et tours", "plots", "plans hexagonaux", "plans avec cours carrées ou rectangulaires", "nouilles"..... etc...

Cette primauté du plan conduit à classer les ensembles retenus dans ces catégories sans trop de difficultés. Une nouvelle classe relative aux dispositions en pyramides et en terrasses décrochées renvoie de manière peut être plus marquée à la troisième dimension et au volume général des bâtiments.

Cette dernière notion est en effet déterminante dans notre propos. La forme générale des ensembles des bâtiments doit être en effet :

- envisagée à travers le volume, le phénomène aérodynamique étudié étant à l'évidence tridimensionnel.
- appréhendée en tant que génératrice des espaces libres, puisque l'objet de la recherche est d'analyser la vitesse du vent autour des immeubles.

De cette dualité des volumes construits et des espaces environnants il résulte qu'il est difficile, dans la perspective qui est la nôtre, d'opérer une typologie uniquement sur les formes construites ou les espaces libres. De manière arbitraire nous avons défini des unités de description prenant en compte à la fois la forme du bâtiment et l'espace délimité. Le vocabulaire usuel évoqué précédemment a été conservé et les catégories suivantes retenues :

- Immeubles définissant un espace rectangulaire interrompu
- Immeubles définissant un espace rectangulaire continu
- Immeubles définissant un espace à limites obliques
- Immeubles définissant un espace à contours décrochés
- Immeubles définissant un espace sur trame orthogonale
- Immeubles définissant un espace sur trame hexagonale
- Immeubles décrochés ou parallèles définissant une rue
- Immeubles alignés ou parallèles définissant des espaces semblables.
- Séries de plots ou de tours
- Immeubles en quinconces ou décalés en biais
- Immeubles décrochés ne définissant pas d'espace marqué.
- Immeubles à terrasses décrochées avec espace séparatif évasé.

### 3.3.12.

Les 12 catégories précédentes ont été relevées sur les 33 plans-masse de manière en un premier temps à évaluer la généralité des unités de description choisie et leur capacité de recouvrement de la totalité des configurations existantes. Ce test s'étant révélé satisfaisant une deuxième opération a consisté à faire un traitement statistique de l'ensemble des plans affectés chacun des descripteurs les caractérisant.

Le programme ANALO (21) mis au point à l'IRIA permet d'utiliser conjointement l'analyse hiérarchique et l'analyse factorielle des correspondances (22). Son application aux données précédentes s'est avérée délicate en raison du faible effectif des ensembles à traiter. Le fait en particulier que certains plans n'étaient caractérisés que par un seul descripteur a conduit à faire deux analyses. Pour la première ces plans ont constitué autant de catégories très marquées à la fois sur l'arbre hiérarchique et sur le sous-espace de représentation (les plans 11 (Evry) et 30 (Modèle Innovation) ainsi que 08 (Le Mirail) et 12 (Gonesse) formaient en particulier deux classes caractérisées chacune par un seul descripteur). La deuxième analyse a été traitée en supprimant ces quatre plans ainsi que les cinq autres caractérisés par un descripteur unique (04, 17, 12, 26, 28).

Sur l'arbre de l'analyse hiérarchique (planche 17) une coupure à l'indice 20 donne neuf classes qui ont été repérées sur le sous-espace de représentation défini par les axes principaux d'inertie. Ces neuf classes ont été également figurées sur le tableau des données réordonné suivant les hiérarchies (planche 17bis).

L'interprétation de ces résultats permet d'abord de constater que trois classes définies par l'analyse ne comportent en réalité qu'un élément. Il s'agit de 02 (Echirolles), 31 (Maison Alfort), 18 (St Genis à Lyon). La classe 02 (Echirolles) peut être rattaché au groupe (08 Le Mirail, 12 Gonesse). Les deux autres (31 et 18) peuvent être respectivement conservées dans la typologie.

Il reste six classes : B (06, 03, 25), D (15, 16), F (33, 01, 09), G (10, 14, 21), H (23, 32, 17, 05, 24), I (29, 13, 19, 20, 22) pour lesquelles nous pouvons choisir un élément représentatif en fonction de critères extérieurs à l'analyse morphologique (critères aérodynamiques et conditions d'essais).

En dehors des représentants des six classes précédentes, l'analyse morphologique nous fournit :

- les deux éléments isolés de la seconde analyse (31

et 18)

- Les deux classes à un élément de la première analyse (08 et 12 plus 02) et (11 et 30)
- Les six éléments caractérisés par un seul descripteur de la première analyse (04, 17, 26, 27, 28).

### 3.3.2. Classement sur des critères aérodynamiques

Les 33 plans ont été examinés par les aérodynamiciens dans une perspective beaucoup plus liée à leur connaissance des phénomènes dynamiques du vent et à la méthode d'expérimentation et de simulation en soufflerie qui était envisagée. Leur sélection a été établie en fonction des éléments suivants :

- Facilité de lecture des phénomènes aérodynamiques.
- Unité du plan-masse sur une aire d'un diamètre de 500 à 600 mètres.
- Hauteur moyenne des bâtiments aussi élevée que possible.
- Densité maximum d'anomalies aérodynamiques évidentes et bien typées.
- Présence de formes à l'aérodynamiques très mal connue dans le bâtiment.

### 3.3.3. Confrontation des deux classements

Les différents groupements obtenus par l'analyse morphologique ont été confrontés avec les critères aérodynamiques mis à jour pour chacun des plans. Après élimination de certains ensembles isolés et peu caractérisés (04, 07, 18, 26, 27), il restait au lieu des 5 prévus 10 plans-masse. A savoir 3 plans à caractéristiques uniques (08) Le Mirail, (11) Evry, et (28) Le Lac (Bordeaux) . Un plan forme une classe à 1 élément de la deuxième analyse (31) Maison Alfort et six plans représentent le mieux du point de vue aérodynamique chacune des classes B, D, F, G, H, I de la seconde analyse.

L'étude exhaustive de chacun de ces plans en soufflerie et la confection des maquettes s'avérant beaucoup trop lourdes, seules les représentants de 3 des 6 classes furent re-

tenus (03) Grigny, (10) Château de Rezé, (13) Montereau.

Finalement un problème d'échelle rendit nécessaire la représentation du plan-masse de Montereau sur deux maquettes et c'est finalement huit maquettes qui furent réalisées et étudiées en soufflerie.

## LEGENDE POUR LES PLANCHES SUIVANTES

|  |  |   |      |
|--|--|---|------|
| immeubles définissant un espace rectangulaire                | - interrompu                                   | ★ | S 01 |
|  | - continu                                      | ⊛ | S 02 |
| immeubles définissant un espace irrégulier                   | - à limite oblique                             | ☆ | S 03 |
|  | - à contour décroché sur une trame orthogonale | ■ | S 04 |
|  | - à contour décroché sur une trame hexagonale  | ✱ | S 05 |
|  | - à limite courbe                              | ● | S 06 |
| immeubles parallèles ou décrochés définissant une rue        |  | ⋮ | S 07 |
| immeubles parallèles alignés                                 |  | ○ | S 08 |
| semis de plots ou de tours                                   |  | ⋮ | S 09 |
| immeubles en quinconces ou décalés en biais                  |  | ▨ | S 10 |
| immeubles décrochés ne définissant pas d'espace marqué       |  | ▬ | S 11 |
| immeubles à terrasses décrochées avec espace séparatif évasé |  | ▨ | S 12 |

## ECHELLE

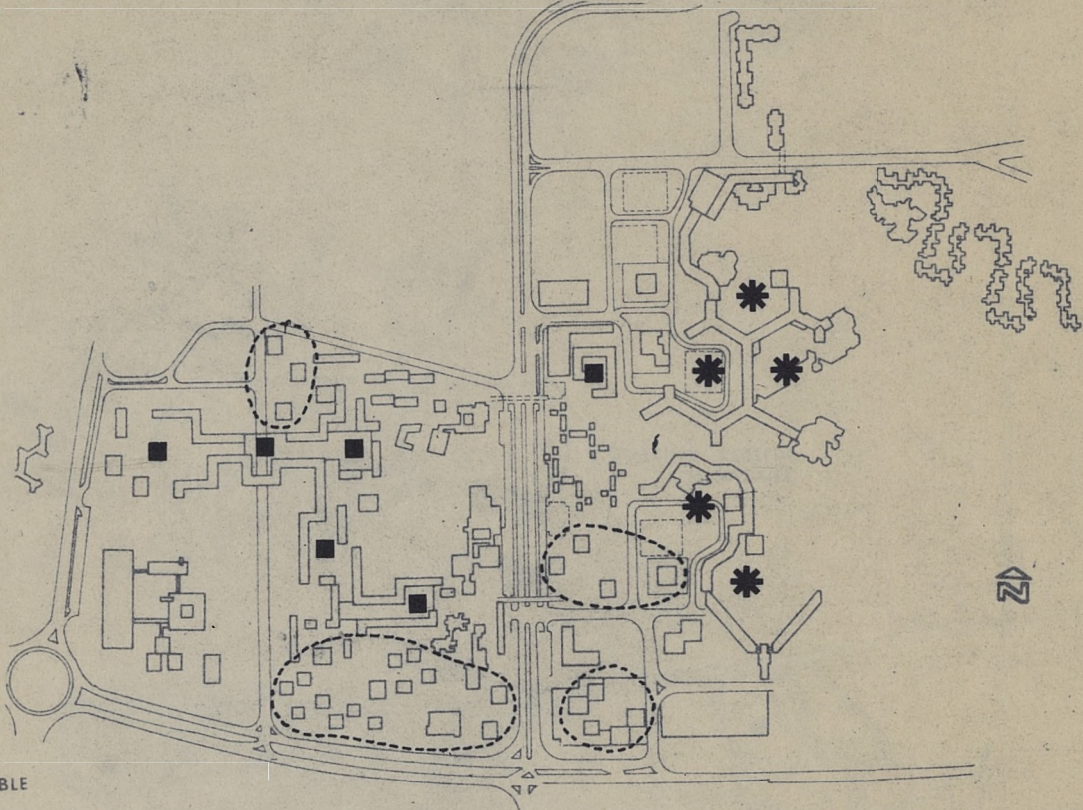
1 / 10.000      planches 7 à 14

1 / 5.000        planches 15 et 16

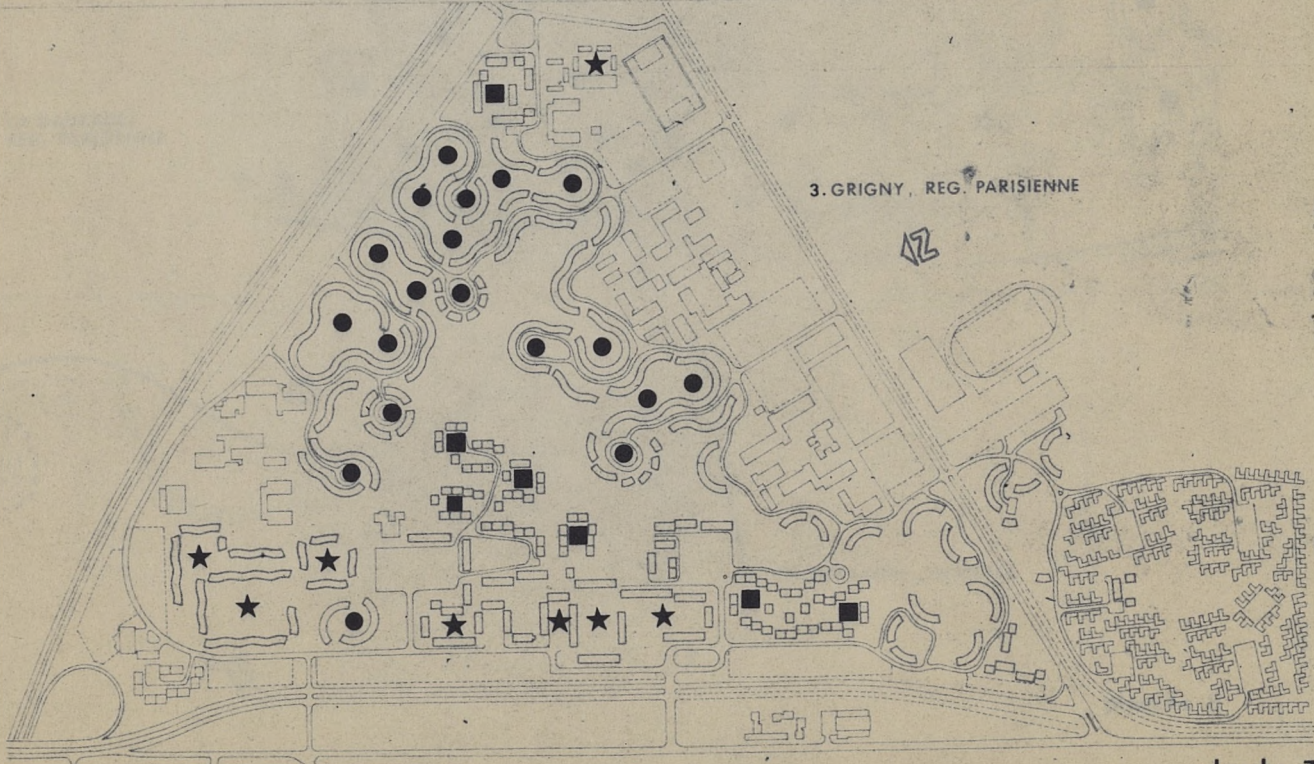




1. ZUP. DE L'AURENCE, LIMOGES

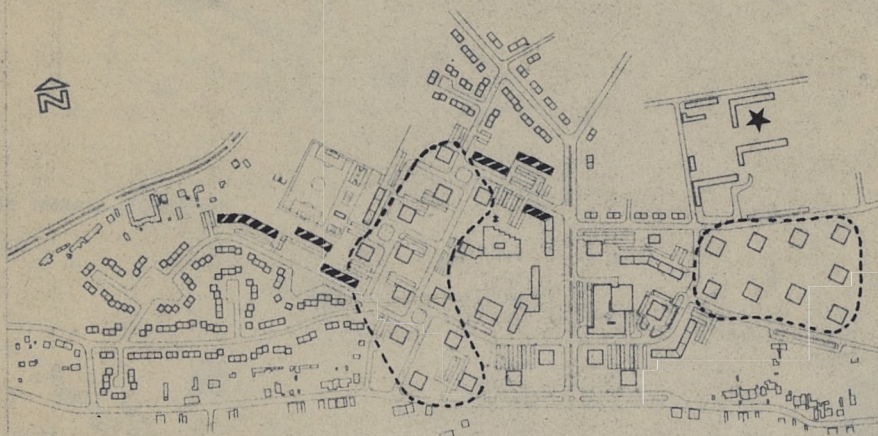


2. ECHIROLLES, GRENOBLE



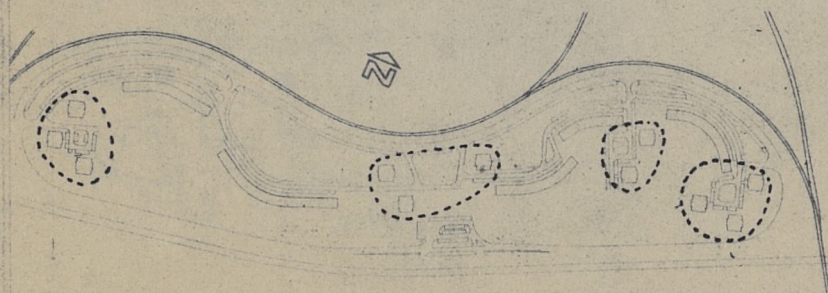
3. GRIGNY, REG. PARISIENNE

4. LA BOULETTERIE, ST. NAZAIRE



5. QUARTIER KERLEDE, ST. NAZAIRE

6. LA DAURADE, REG. PARISIENNE



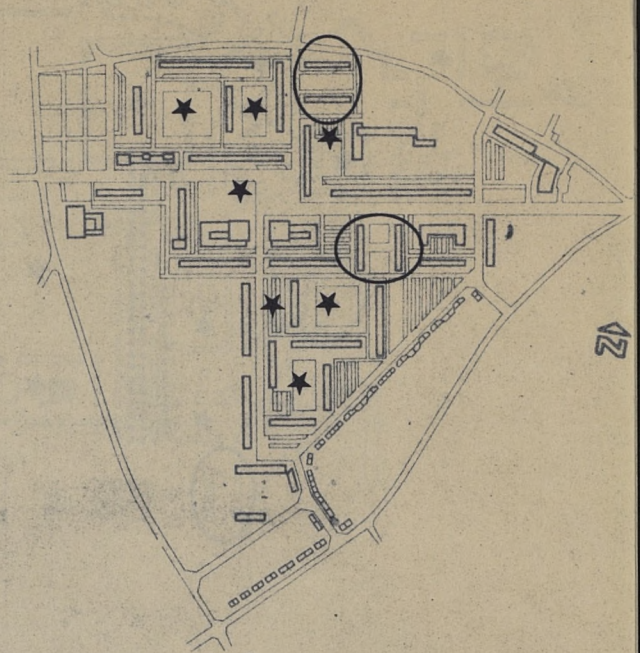
7. MALAKOFF, NANTES



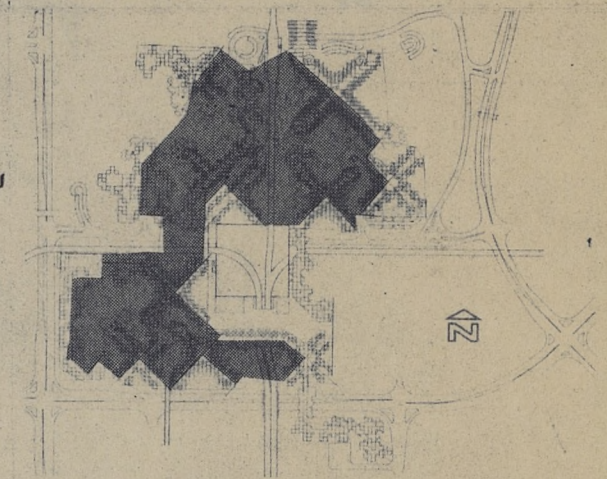
8. LE MIRAIL, TOULOUSE



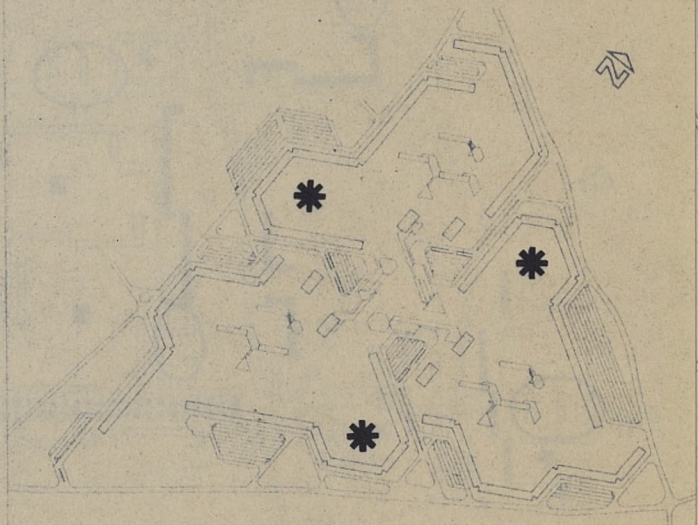
9. ST. DOULCHARD, VERDINS



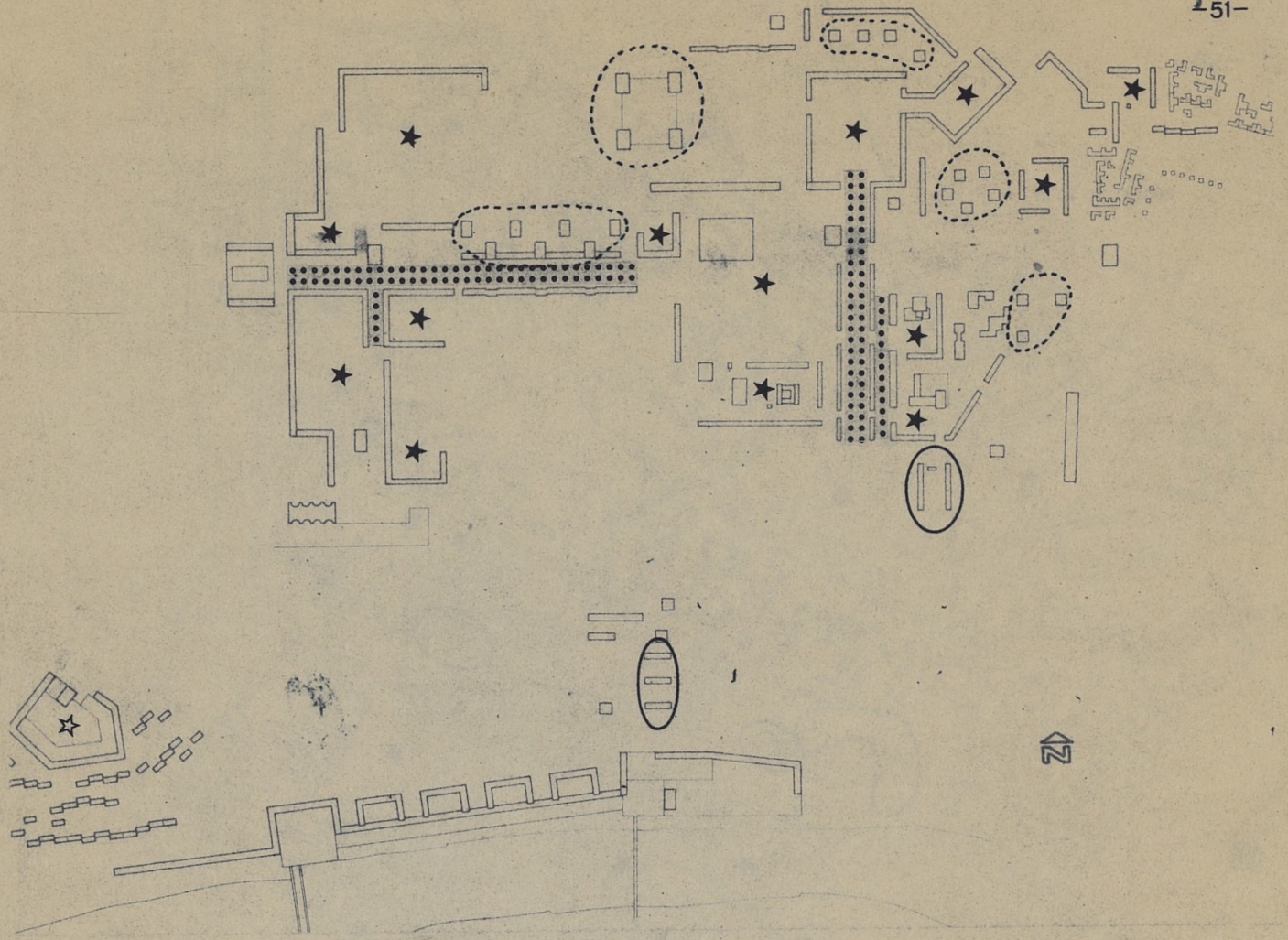
10. CHATEAU DE REZE, NANTES



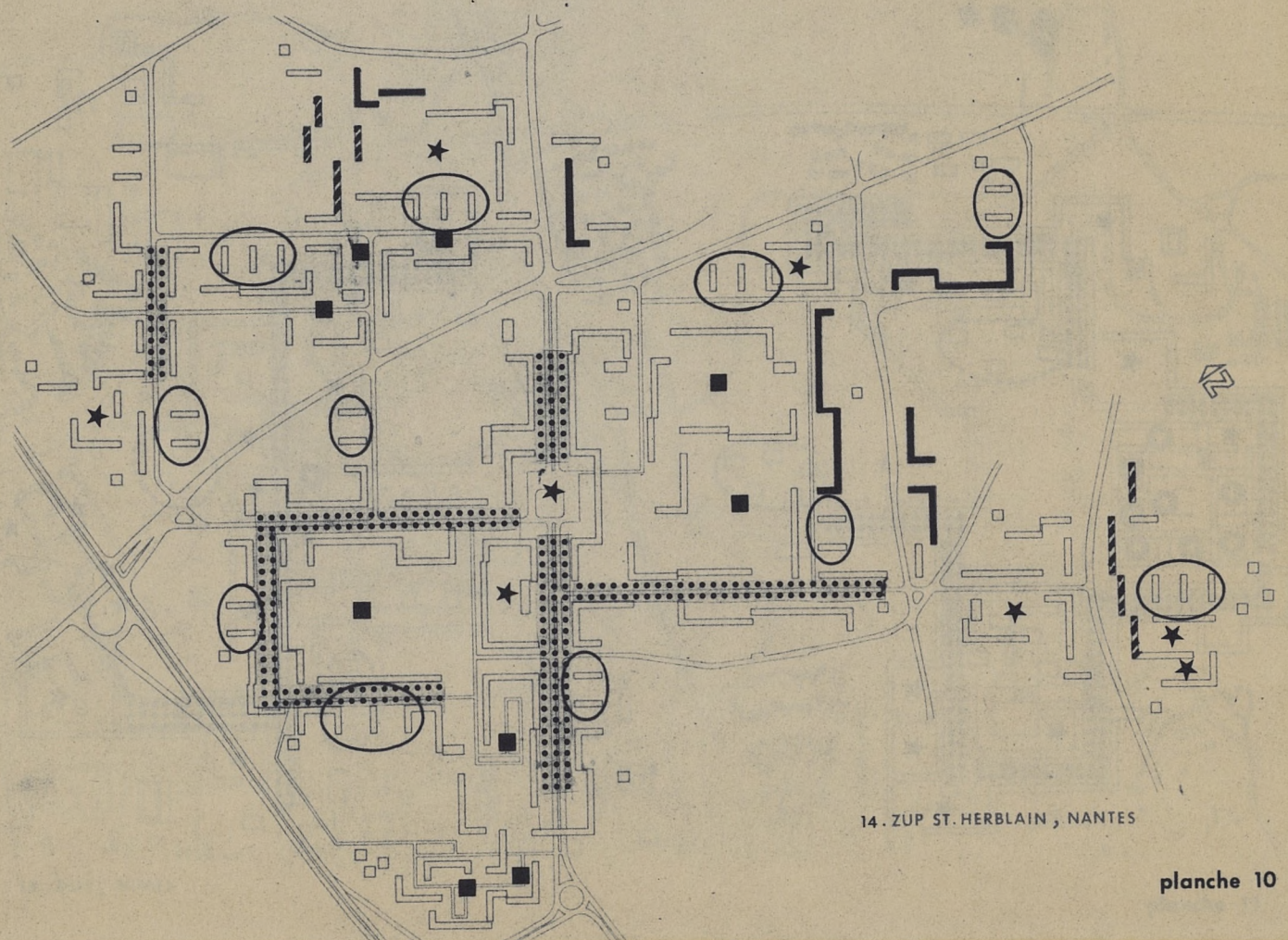
11. EVRY, REG. PARISIENNE



12. GONESSE, REG. PARISIENNE

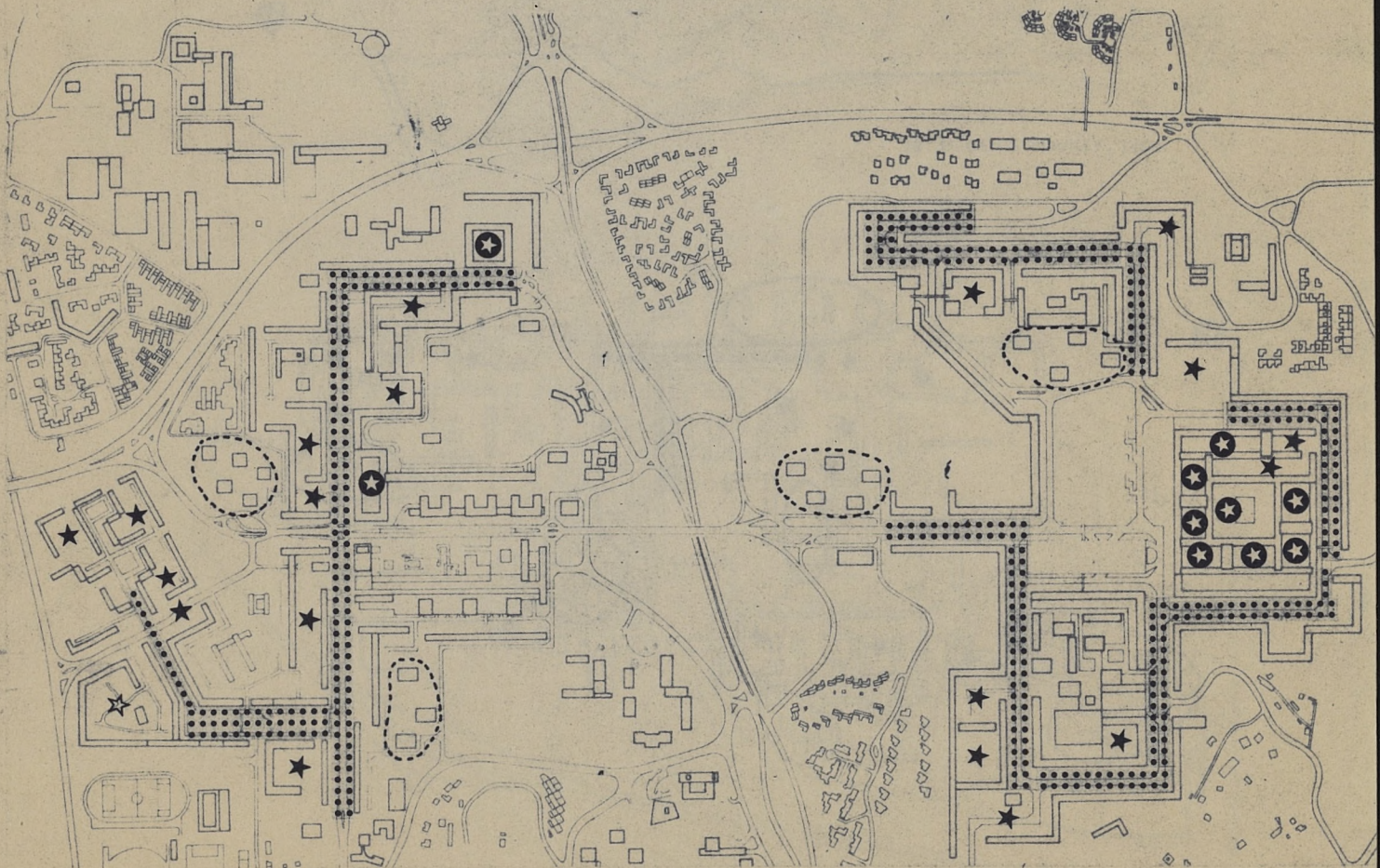


13. ZUP, MONTEREAU

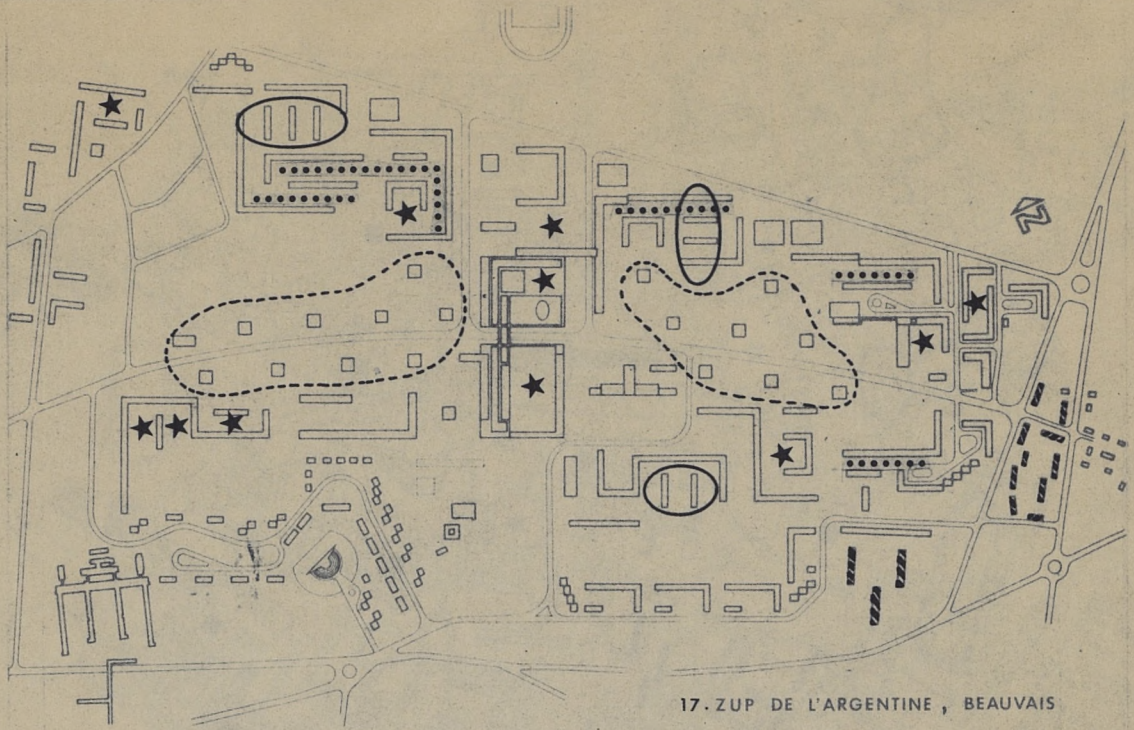


14. ZUP ST. HERBLAIN, NANTES

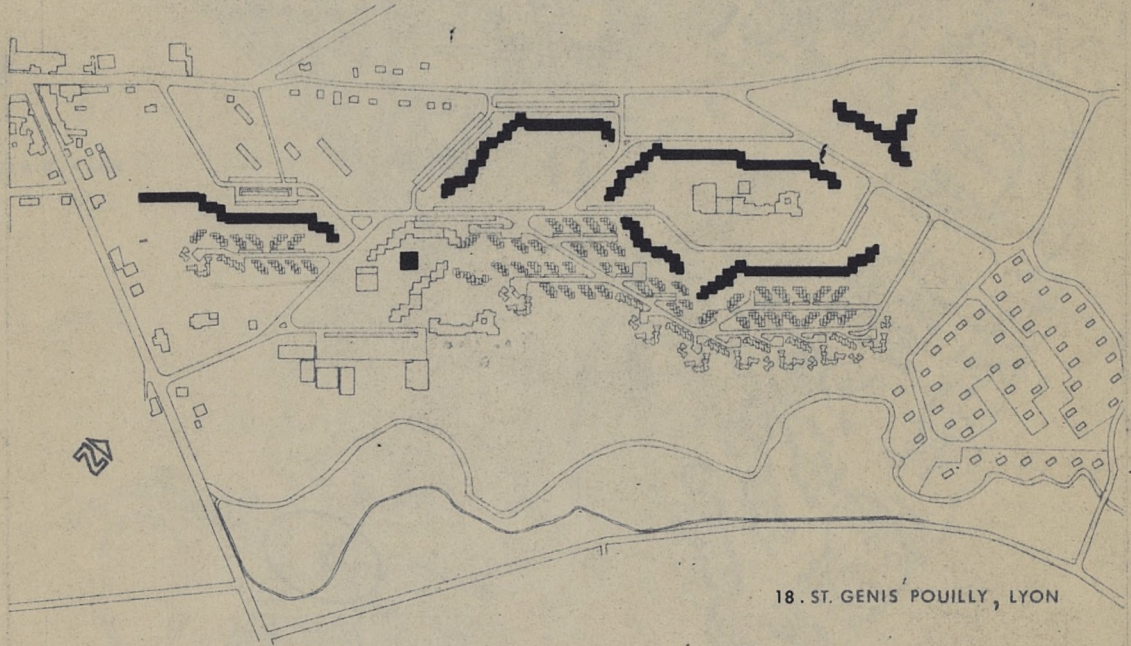
15. ZUP, BLOIS



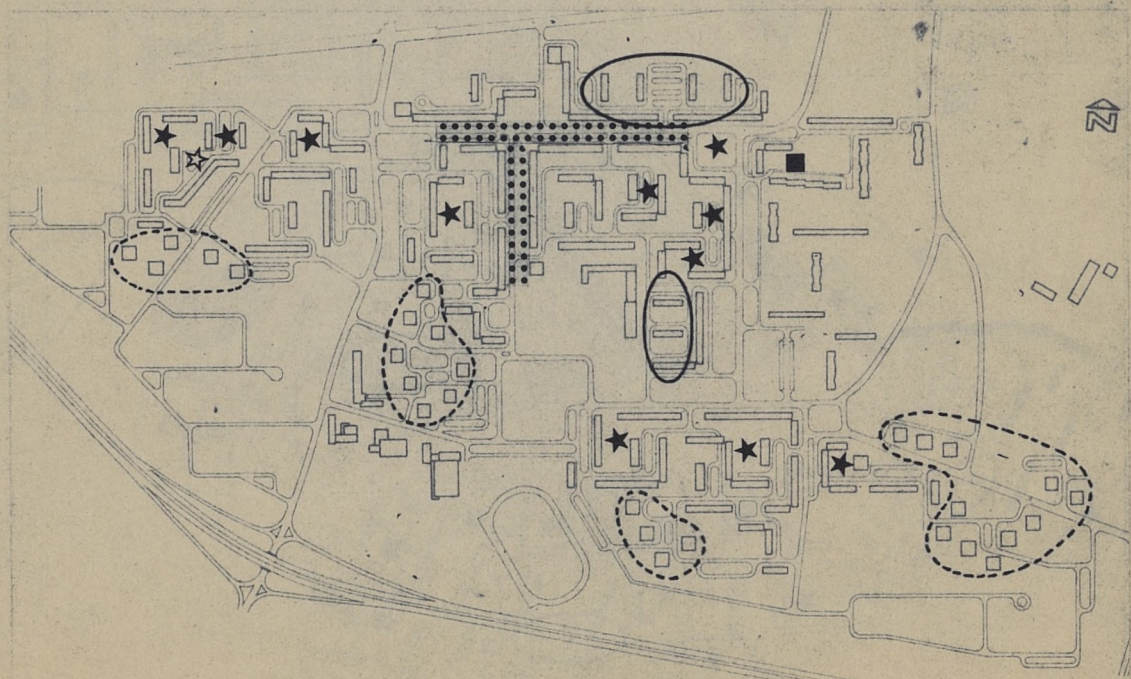
16. ZUP, NIMES



17. ZUP DE L'ARGENTINE , BEAUVAIS



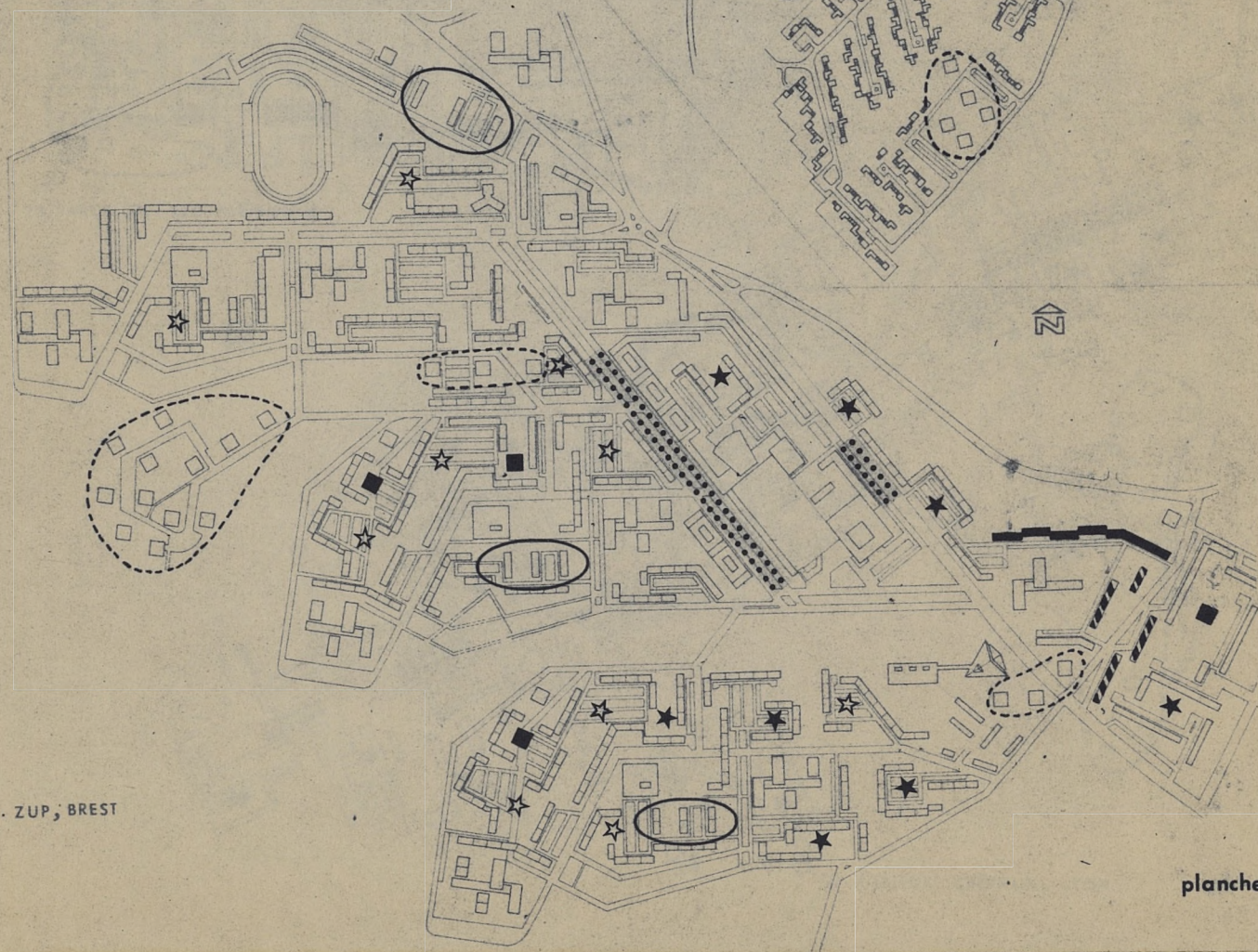
18. ST. GENIS POUILLY , LYON



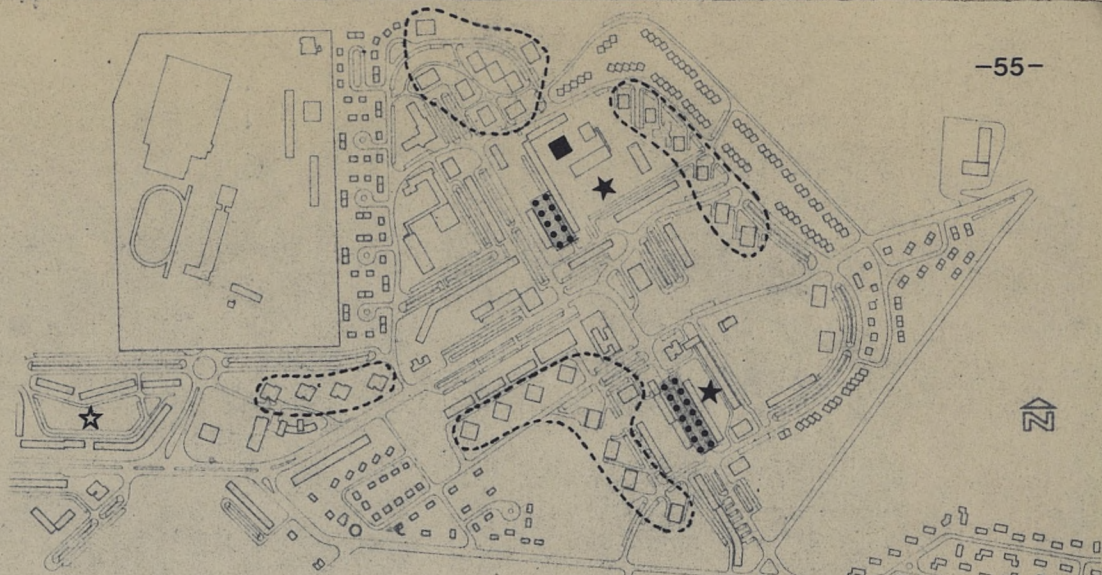
19. ZUP , TOURS



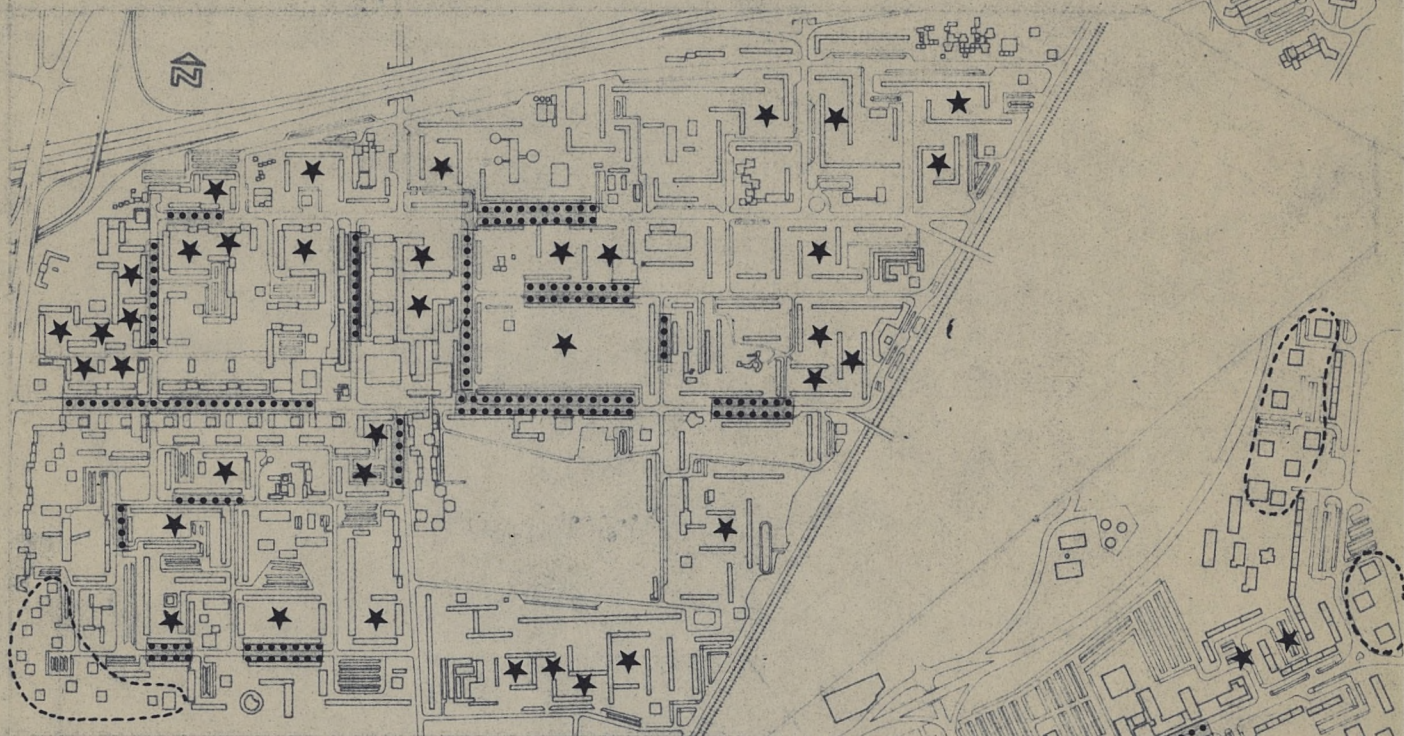
20. HEROUVILLE ST. CLAIR, CAEN



21. ZUP, BREST



22. ZUP NORD-EST, ST. QUENTIN



23. SARCELLES, REG. PARISIENNE

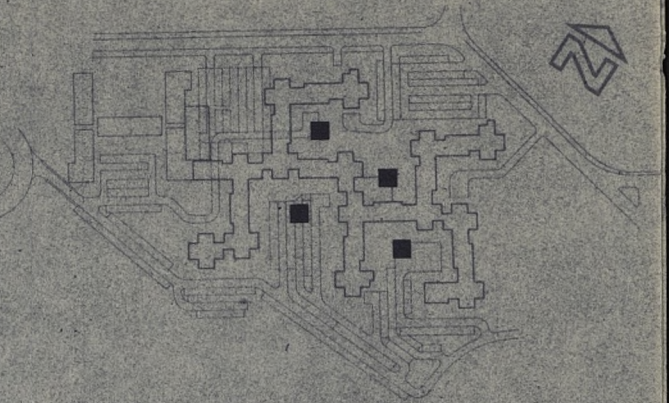


24. RILLIEUX CREPIEUX, LYON





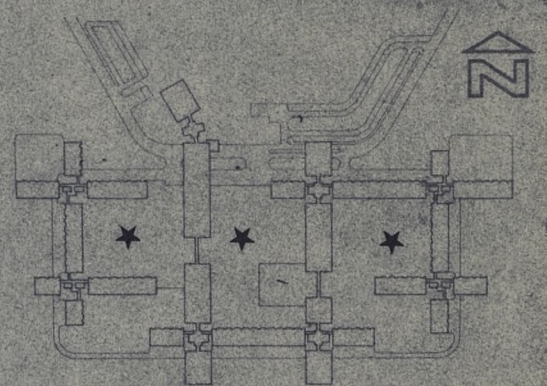
25. LE GOLF, NANTES



26. ZUP DE BERNON, EPERNAY



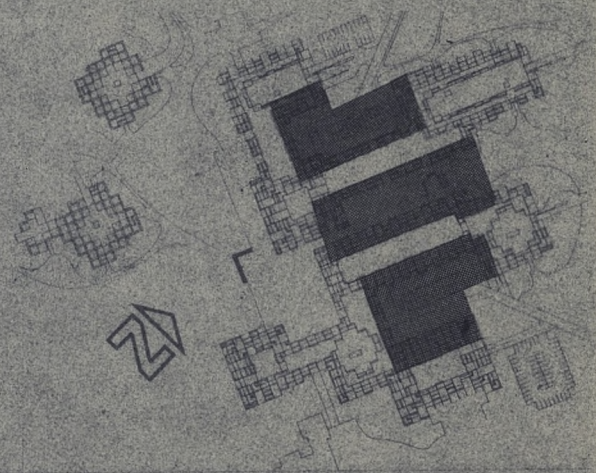
27. LA CROIX BONNEAU, NANTES



28. LE LAC, BORDEAUX



29. CONCOURS, LILLE-EST



30. MODELES INNOVATION



31. MAISON ALFORT, REGION PARISIENNE



32. SCHILTIGHEIM BISCHEIM (BAS RHIN)

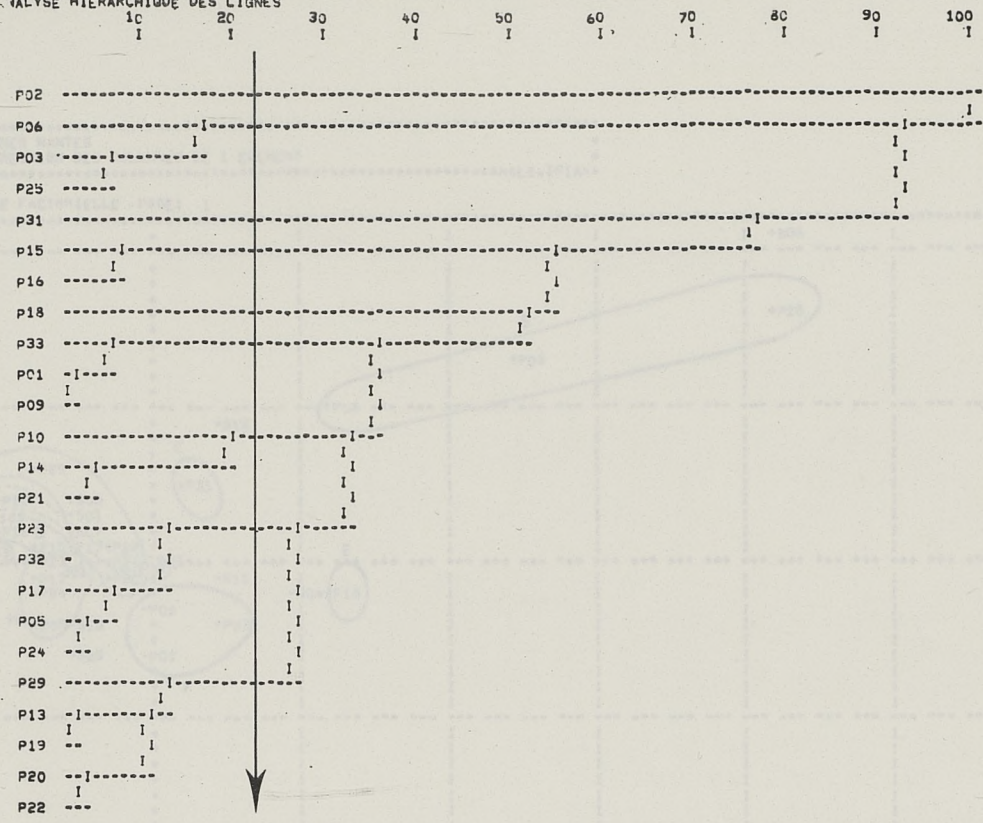


33. GRAND NOÛE SUD, NANTES

```

.....
SIGNES NANTES
SUPPRESSION DES COLONNES DE 1 ELEMENT
.....ANALB-INIA.....
ANALYSE HIERARCHIQUE DES LIGNES

```



```

.....
SIGNES NANTES
SUPPRESSION DES COLONNES DE 1 ELEMENT
.....ANALB-INIA.....
TABLEAU ORDONNE

```

```

SSSSSSSSSS
000000011C1
562839172140

```

|   |     |   |   |   |
|---|-----|---|---|---|
| A | P02 | 0 | 0 | 0 |
| B | P06 | 0 | 0 | 0 |
|   | P03 | 0 | 0 | 0 |
|   | P25 | 0 | 0 | 0 |
| C | P31 | 0 | 0 | 0 |
| D | P15 | 0 | 0 | 0 |
|   | P16 | 0 | 0 | 0 |
| E | P18 | 0 | 0 | 0 |
| F | P33 | 0 | 0 | 0 |
|   | P01 | 0 | 0 | 0 |
|   | P09 | 0 | 0 | 0 |
| G | P10 | 0 | 0 | 0 |
|   | P14 | 0 | 0 | 0 |
|   | P21 | 0 | 0 | 0 |
|   | P23 | 0 | 0 | 0 |
|   | P32 | 0 | 0 | 0 |
| H | P17 | 0 | 0 | 0 |
|   | P05 | 0 | 0 | 0 |
|   | P24 | 0 | 0 | 0 |
|   | P29 | 0 | 0 | 0 |
| I | P13 | 0 | 0 | 0 |
|   | P19 | 0 | 0 | 0 |
|   | P20 | 0 | 0 | 0 |
|   | P22 | 0 | 0 | 0 |

```

SSSSSSSSSS
000000011C1
562839172140

```

TRAN RUN-TIME ERROR IN '9BCOREAD' CALLED AT L8C X11483E1.  
 IND=0F-FILE 0N UNIT. 5

```

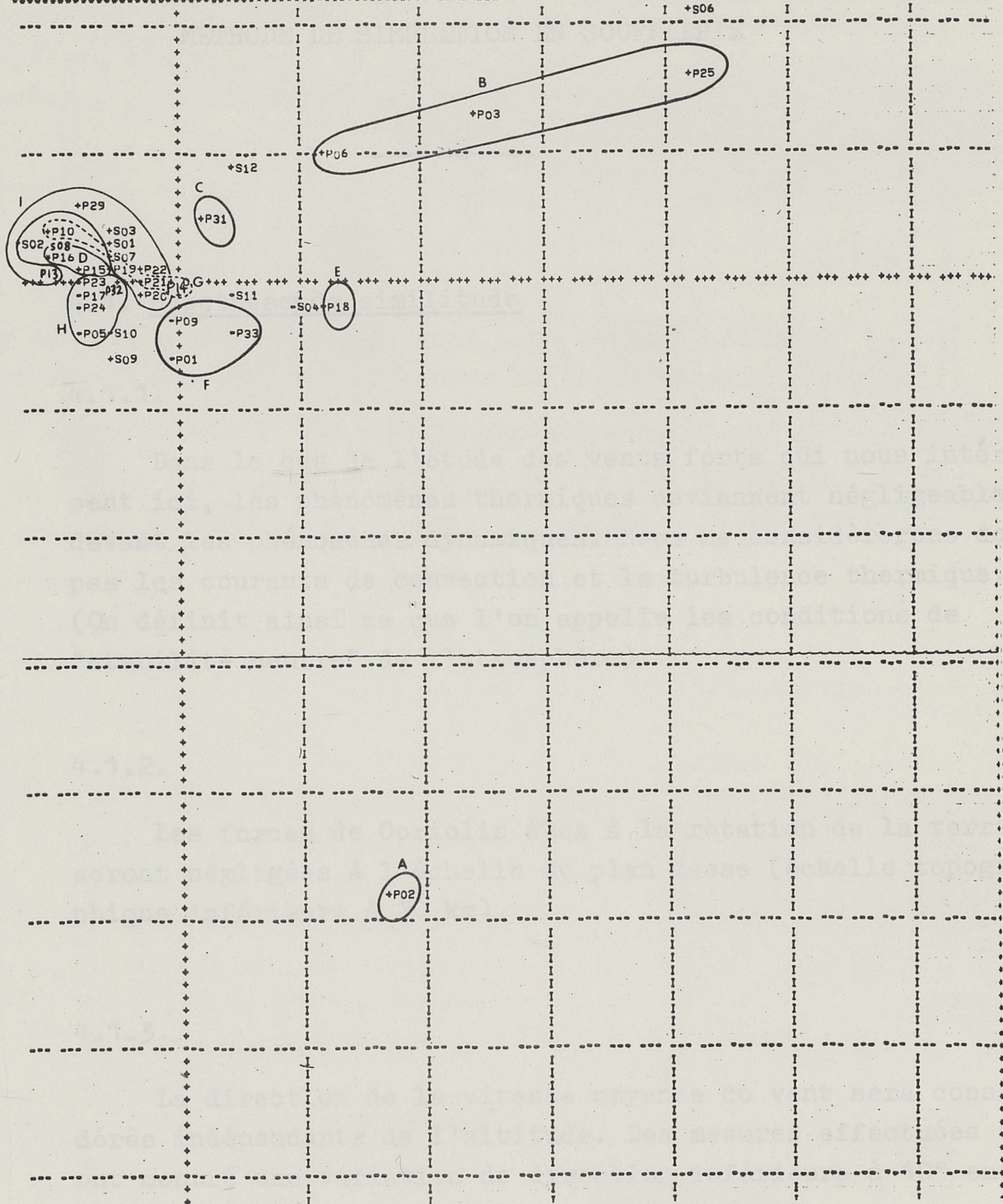
MB STEP 03 TERMINATED AFTER 0000.95MIN
CORE USED 0142 DISC USED 00% WAIT TIME 0000.24
.....
TIME TIME-CORE CORE-USE TIME-DISC DISC-USE
03.29 501.06 9% 62.76 19%
I/O-BYTES I/O-CALLS I/O-BYTE/SHR I/O-CALL/SHR CR CP LP
3529941 1539 00 00 83 00 97
MB TERMINATED ANALM 1609 18*03*54*

```

.....  
SIGNES NANTES  
SUPPRESSION DES COLONNES DE 1 ELEMENT  
.....ANALB-IRIA.....

ANALYSE FACTORIELLE - PAGE: 1

ANAL



STATION NUMBER  
DATE AND TIME OF OBSERVATION  
NAME OF OBSERVER



## CHAPITRE 4

### METHODE DE SIMULATION EN SOUFFLERIE

#### 4.1. Hypothèses de similitude

##### 4.1.1.

Dans le cas de l'étude des vents forts qui nous intéressent ici, les phénomènes thermiques deviennent négligeables devant les phénomènes dynamiques. Nous ne considérerons donc pas les courants de convection et la turbulence thermique. (On définit ainsi ce que l'on appelle les conditions de "stabilité neutre" de l'atmosphère).

##### 4.1.2.

Les forces de Coriolis dues à la rotation de la terre seront négligées à l'échelle du plan masse (échelle topographique inférieure à 20 km).

##### 4.1.3.

La direction de la vitesse moyenne du vent sera considérée indépendante de l'altitude. Des mesures effectuées (23) ont montré une variation de direction inférieure à 10° entre 0 et 185 m d'altitude.

4.1.4.

La similitude théorique impose l'égalité du nombre de Reynolds entre maquette et vraie grandeur. Cette condition, pratiquement irréalisable sera laissée de côté. On peut d'ailleurs montrer (24) que le nombre de Reynolds n'a pratiquement aucune influence tant que les constructions sont à arêtes vives, ce qui sera toujours notre cas.

4.1.5.

En conséquence, nous nous bornerons à simuler les propriétés cinétiques de la couche limite, en soufflerie :

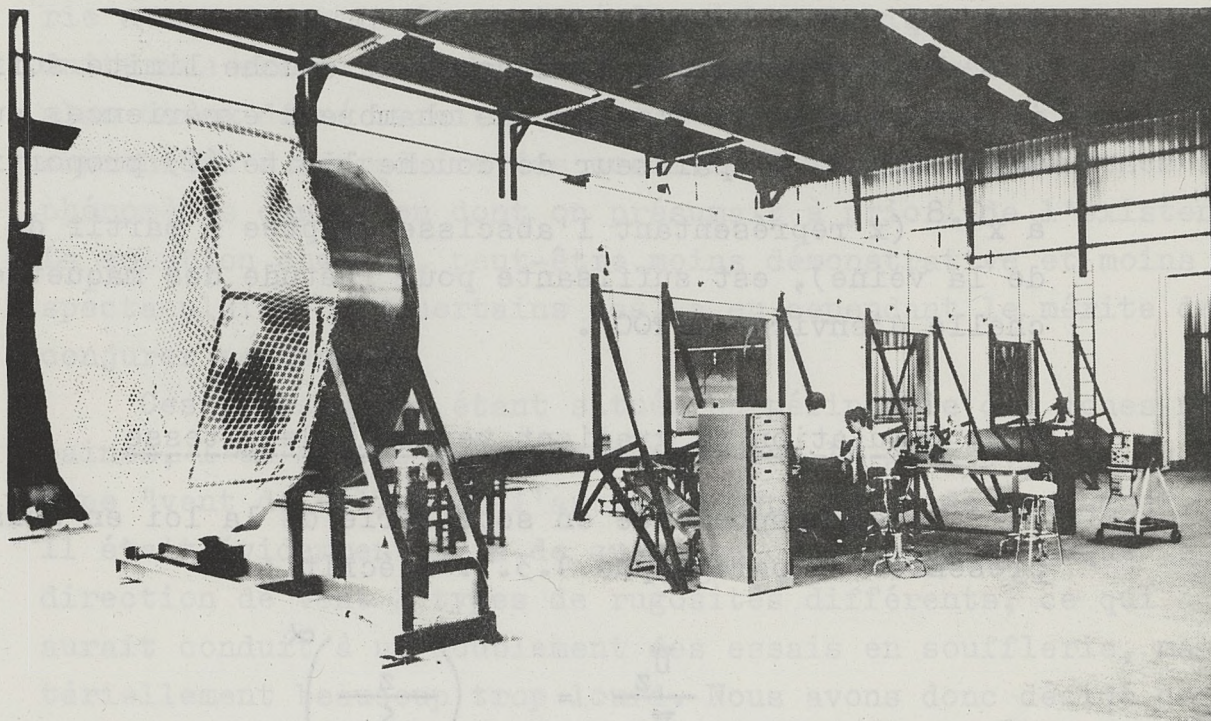
4.1.5.1. Le gradient vertical de vitesse moyenne

4.1.5.2. La structure de la turbulence

4.1.5.3. Le gradient de pression dans la direction du vent.

#### 4.2. Soufflerie utilisée

Pour obtenir la simulation de la couche limite atmosphérique, la soufflerie du C.S.T.B. - U.P.A.N. est utilisée (25)

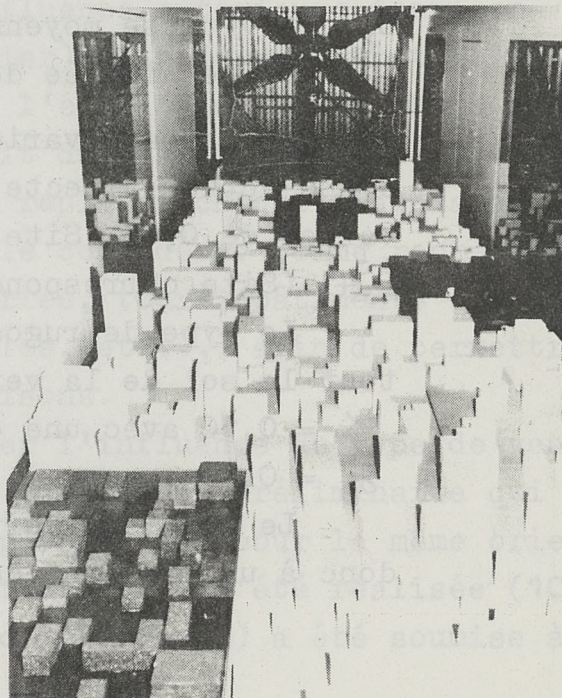


SOUFFLERIE (C.S.T.B. - U.P.A.N.) NANTES

C'est une soufflerie du type Eiffel à veine guidée. La chambre d'expérience a une longueur de 13 mètres, une largeur de 2 mètres et une hauteur variable de 1,6 mètres à 2 mètres.

Le groupe propulseur entraîne une hélice à 6 pales et permet à la vitesse de l'écoulement dans la veine de varier de façon continue jusqu'à 15 m/s.

RUGOSITE DANS LA VEINE D'ESSAIS





On crée une couche limite turbulente au moyen d'une succession de rugosités réparties de façon uniforme sur le sol de la soufflerie. Par le choix de l'importance des rugosités (densité, hauteur) on a une action sur cette couche limite de la même façon que les différents sites (ville, campagne, bois..) avec le vent.

Pour obtenir des épaisseurs de couche limite suffisantes, il est nécessaire d'avoir une chambre d'expériences suffisamment longue. L'épaisseur de couche limite (2) proportionnelle à  $x^{0,8}$  ( $x$  représentant l'abscisse comptée à partir de l'entrée de la veine), est suffisante pour l'étude des maquettes à l'échelle d'environ 1/200°.

#### 4.3. Simulation du gradient vertical de vitesse

La correspondance en soufflerie de la loi en puissance, présentée au paragraphe 1.3.1. s'écrit :

$$\frac{\bar{U}_z}{\bar{U}_e} = \left( \frac{z}{\delta_e} \right)^\alpha$$

$\bar{U}_z$  est la vitesse moyenne à la côte  $z$  mesurée à partir du sol de la veine.

$\bar{U}_{\delta_e}$  la vitesse moyenne à l'altitude  $\delta_e$ , frontière de la couche limite simulée définie par  $\bar{U}_{\delta_e} = 0,95 \bar{U}_e$

En faisant varier les rugosités sur le sol de la veine on a une action directe sur la valeur de  $\alpha$  que l'on peut faire varier de 0,13 (Site correspondant à la basse campagne) à 0,41 (Site correspondant au centre des très grandes villes).

Le type de rugosité que nous avons utilisé (moquette sur tout le sol de la veine) permet d'obtenir un coefficient  $\alpha = 0,16$  avec une épaisseur de couche limite de l'ordre de  $\delta_e = 0,6$  m.

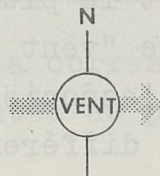
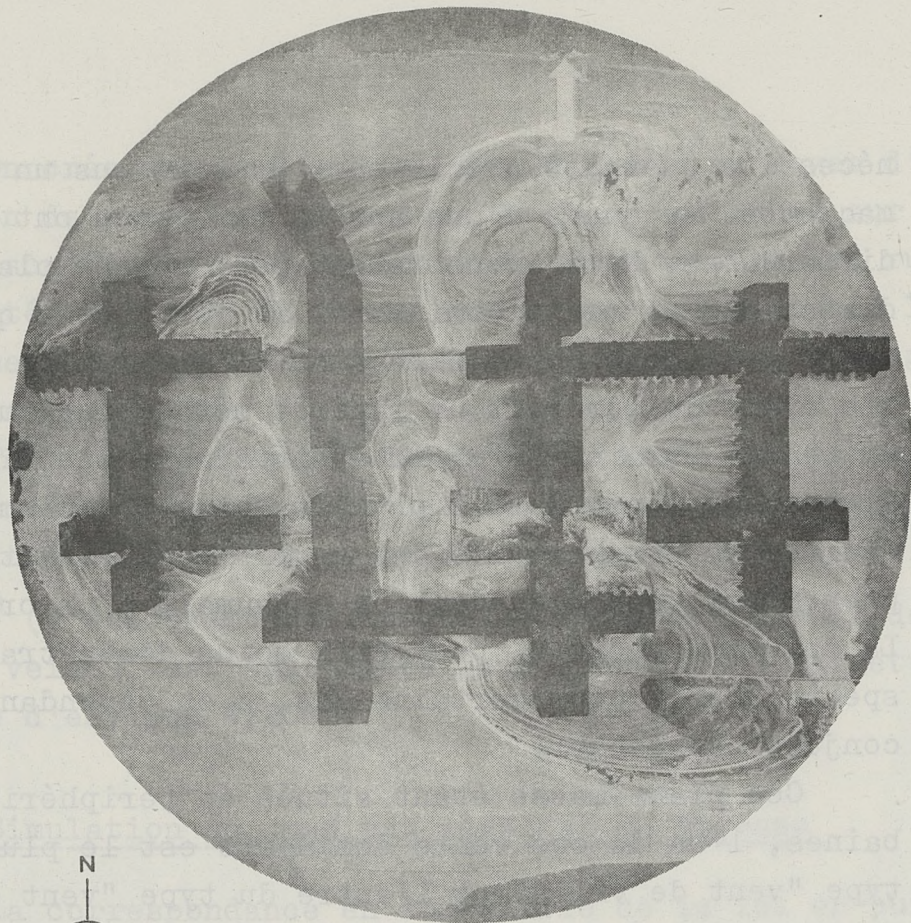
Le gradient vertical de vitesse moyenne simulé correspond donc à un gradient de vent de campagne (cf. 1.3.1.). Ce fait

nécessite quelques précisions. Considérons un plan masse et sa maquette. Au cours d'une année, les vents ont des directions différentes. Nous avons retenu pour chaque plan masse les deux directions de vents dominants. Il faut noter que ce choix des vents dominants comme direction d'orientation dans la soufflerie avait de surcroît un intérêt méthodologique dans la conduite des essais. Le choix arbitraire d'une direction pour un plan masse donné aurait plus ou moins consciemment conduit les chercheurs à reproduire des conditions mettant en évidence des phénomènes connus ou dont on présumait à priori de l'existence. La solution choisie, peut-être moins démonstrative et moins spectaculaire pour certains cas, a eu cependant le mérite de conjurer ce danger.

Ces plans-masse étant situés en périphérie des zones urbaines, l'un de ces vents dominants est le plus souvent du type "vent de ville" et l'autre du type "vent de campagne". Il était évidemment hors de question d'associer à chaque direction de vent 2 types de rugosités différents, ce qui aurait conduit à un doublement des essais en soufflerie, matériellement beaucoup trop lourd. Nous avons donc décidé de choisir pour tous nos essais la simulation d'un vent de campagne.

Ce choix tient à une seconde raison ; nous voulions éliminer dans notre étude toute influence extérieure (environnement proche de la zone à étudier) afin de mieux mettre en évidence, les grandes lignes de l'écoulement et du champ de vitesse dans l'ensemble construit du fait de sa seule présence. Notre propos n'était pas de replacer chaque plan-masse dans son environnement mais de le considérer comme représentant un type d'implantation (barres, tours, bâtiments sur pilotis, constructions pyramidales, etc...) afin de permettre, autant que possible des comparaisons.

Toutefois, afin de contrôler l'influence du type de vent simulé sur les plans-masse, une expérience préliminaire qui consistait à soumettre le même plan-masse, pour la même orientation, à deux types de vent différents, a été réalisée (10). A cet effet, la maquette "Le Lac" (Bordeaux) a été soumise à



LE LAC, BORDEAUX

un vent d'Ouest d'abord de type "campagne" ( $\alpha = 0,16$ ), ensuite de type "ville" ( $\alpha = 0,41$ ) et les résultats suivants ont été obtenus :

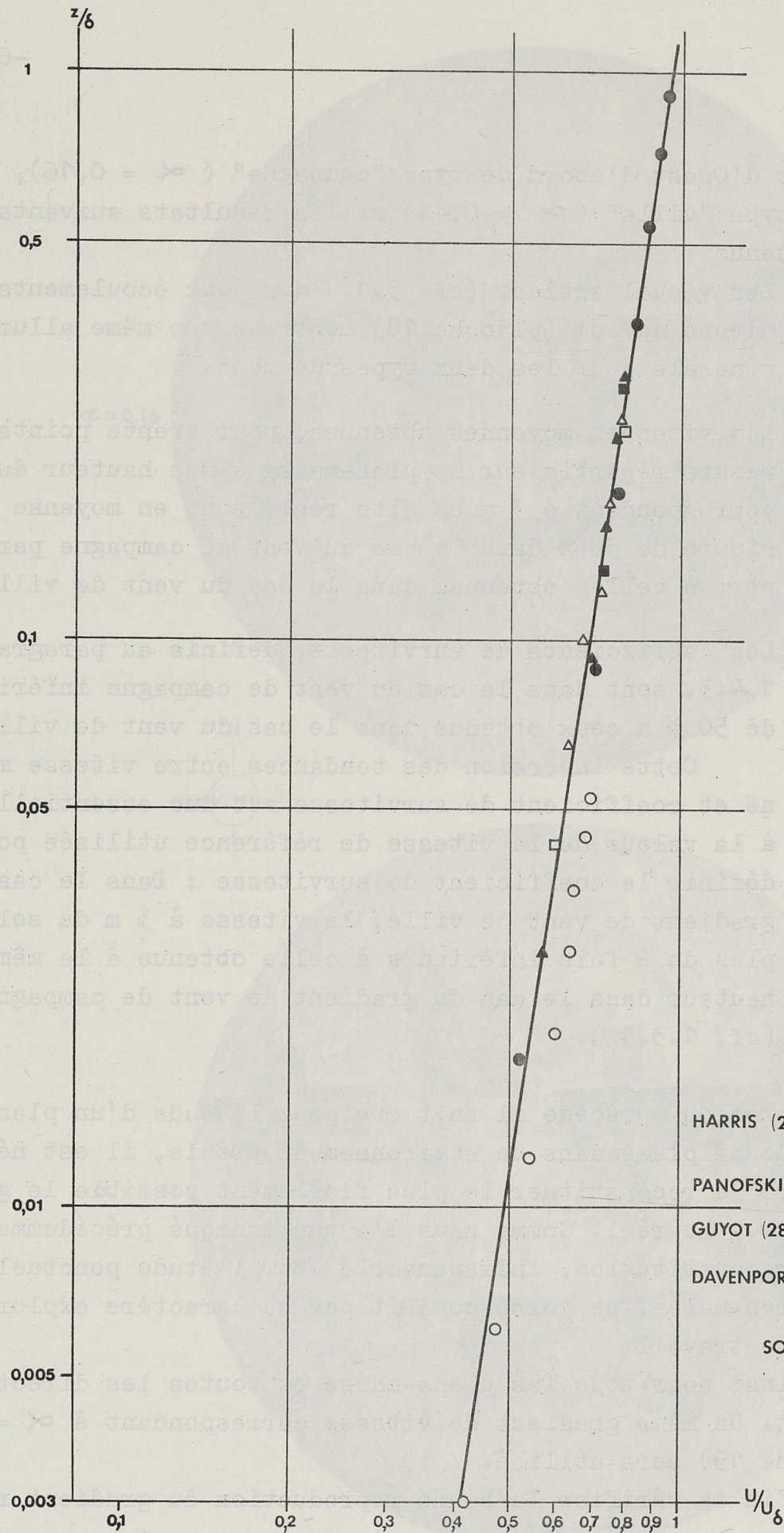
- Les visualisations (cf. 5.1.) des deux écoulements au niveau du sol (planche 18) montrent une même allure générale pour les deux types de vent.
- Les vitesses moyennes obtenues, pour trente points de mesure répartis sur le plan-masse à une hauteur du sol correspondant à 3 m en site réel, sont en moyenne supérieure de 30 % dans le cas du vent de campagne par rapport à celles obtenues dans le cas du vent de ville.
- Les coefficients de survitesse, définis au paragraphe 1.4.3. sont dans le cas du vent de campagne inférieurs de 50 % à ceux obtenus dans le cas du vent de ville.

Cette inversion des tendances entre vitesse moyenne et coefficient de survitesse est due essentiellement à la valeur de la vitesse de référence utilisée pour définir le coefficient de survitesse : Dans le cas du gradient de vent de ville, la vitesse à 3 m du sol est plus de 2 fois inférieure à celle obtenue à la même hauteur dans le cas du gradient de vent de campagne (cf. 1.3.1.).

De ce qui précède il suit que pour l'étude d'un plan-masse donné placé dans un environnement précis, il est nécessaire de reconstituer le plus fidèlement possible le gradient de vent réel. Comme nous l'avons indiqué précédemment cette reconstitution, indispensable pour l'étude ponctuelle d'un plan-masse, ne correspondait pas au caractère exploratoire de notre travail.

Ainsi pour tous les plans-masse et toutes les directions de vent. Un même gradient de vitesse correspondant à  $\alpha = 0,16$  (planche 19) sera utilisé.

Afin de vérifier la bonne reproduction du gradient réel



SITES REELS

- Rugby △
  - Cranfield ■
  - Riso ▲
  - Versailles ○
  - Sale □
  - Soufflerie Nantes ●
- HARRIS (26)
- PANOFSKI (27)
- GUYOT (28)
- DAVENPORT (29)

par celui obtenu en soufflerie, on a porté à la fois sur le graphe, les différents résultats in situ en notre possession (correspondant à ce type de rugosité) et les résultats soufflerie. La courbe tracée sur échelle log-log (droite de pente  $\alpha$ ) permet de constater la valeur du gradient simulé.

#### 4.4. Simulation de la structure de la turbulence

La bonne reproduction de l'intensité de turbulence du vent simulé a fait l'objet d'une étude (25) comportant la comparaison soufflerie - site réel pour plusieurs valeurs de  $\alpha$ , de 0,14 à 0,46. L'utilisation de différentes rugosités pour faire varier le gradient de vitesse du vent simulé, permet également de faire varier l'intensité de turbulence. Les résultats obtenus dans la soufflerie C.S.T.B. - U.P.A.N. sont en bon accord avec les mesures in-situ.

#### 4.5. Simulation du gradient de pression dans la direction du vent

Dans l'atmosphère, la pression dans les tranches horizontales est constante compte tenu de la dimension des ensembles étudiés tout au moins. Par conséquent, en soufflerie, le gradient de pression longitudinal doit être nul dans la veine d'expérience (pression constante sur toute la longueur de la veine). Cette condition est réalisée à  $\pm 5$  Pascals en ajustant le plafond à hauteur variable de la soufflerie, par approximations successives. Le contrôle s'effectue à l'aide d'un multimanomètre relié à un ensemble de prises de pression, disposées régulièrement tout le long de la veine.

#### 4.6. Echelle des maquettes

L'échelle de la couche limite simulée doit être en rapport avec l'échelle des maquettes étudiées. Celles-ci doivent

en particulier être plongées entièrement dans la couche limite. Il a été montré (25) que des maquettes dont l'échelle varie du  $1/200^\circ$  au  $1/500^\circ$  étaient tout à fait compatibles avec les caractéristiques de la couche limite simulée. Les maquettes des plans-masse réalisées pour notre étude sont au  $1/200^\circ$ ,  $1/300^\circ$  ou  $1/400^\circ$  suivant les cas. Elles ne posent donc pas de problèmes particuliers. Rappelons également que la forme à arêtes vives des bâtiments représentés en maquette permet une bonne simulation des phénomènes dynamiques indépendamment de la valeur du nombre de Reynolds (4.1.4.).

## CHAPITRE 5

### ESSAIS ET INTERPRETATION

Les essais ont porté sur le passage en soufflerie des huit plans-masse définis au chapitre 3. Pour chacun de ces plans, deux orientations de vent ont été choisies ; elles correspondent aux deux vents dominants relevés sur l'atlas climatologique de France (18). Le vent simulé correspond à un vent de campagne ( $\alpha = 0,16$ ) (cf. 4.3). L'écoulement au niveau du sol a été abordé d'un aspect qualitatif par visualisation et quantitatif par mesures anémométriques.

#### 5.1. Réalisation des maquettes

Les maquettes des constructions sont réalisées en polyuréthane et ont été collées sur des plateaux de bois recouverts de formica de forme circulaire, de diamètre 1,8 m (ce qui, compte tenu des échelles, correspond à des diamètres de 350 m à 700 m en site réel). Les échelles des différentes maquettes sont les suivantes :

- 1/400° : Montereau I et II (région parisienne), le Mirail (Toulouse)
- 1/300° : Rezé (Nantes), Grigny (Région parisienne)
- 1/200° : Maisons-Alfort (Région parisienne), le Lac (Bordeaux) Evry (Région parisienne).

Il est à noter que tous ces plans-masse ont été simplifiés : les arbres, les routes et les petits édifices ont été supprimés.

Les maquettes sont représentées, en relief, planche 27 à 30 .



## 5.2. Méthodes expérimentales

### 5.2.1. Méthode de visualisation

Une méthode de visualisation par enduit a été mise au point. Elle peut être caractérisée de la manière suivante : Le principe consiste à mettre en suspension dans un liquide qui s'évapore, des poudres qui se déposent suivant les lignes de courant du flux d'air.

Après essais de différentes compositions, l'enduit retenu est une suspension de poudre de Kaolin dans de l'alcool. Après agitation et homogénéisation, cet enduit est étendu sur la surface du sol de la maquette par pulvérisation uniforme. Par entraînement visqueux, l'enduit suit les filets d'air qui se trouvent représentés par des traînées blanches (particules de Kaolin), lorsque l'alcool s'est évaporé.

La définition exacte du dosage doit être effectuée par tâtonnement. Elle varie en fonction de la vitesse de l'écoulement dans la soufflerie, de l'état de surface du sol de la maquette, enfin de la température ambiante. A la suite de nombreux essais et échecs, des dosages satisfaisants ont été définis.

Pour avoir une bonne représentation, il est nécessaire de poursuivre le soufflage jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun mouvement de l'enduit. Cette contrainte donne des temps de soufflage de l'ordre de 20 minutes en moyenne.

Cette méthode fixe remarquablement la géométrie de l'écoulement au niveau du sol : les lignes d'écoulement moyen, les lignes de décollement vertical, les points de séparation aux coins des barres, les zones tourbillonnaires et de sillage, etc... que l'on peut voir sur les clichés des visualisations (planches impaires 31 à 61).

Les zones de survitesse sont caractérisées par un plus faible dépôt de Kaolin. A l'opposé, de forts dépôts apparaissent dans les zones calmes, au centre des tourbillons ainsi que sur les lignes de décollement (l'écoulement quitte le sol et le Kaolin trop lourd s'accumule).

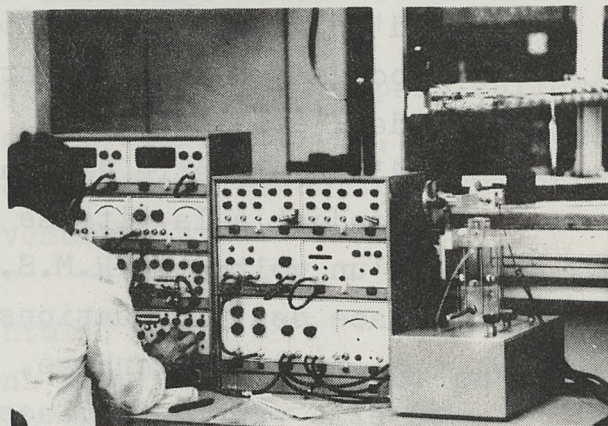
Nous verrons plus loin les résultats que nous pouvons tirer de ces visualisations, mais d'ores et déjà, nous pou-

vons voir que cette visualisation n'est pas suffisante en elle-même. En effet, en dehors de l'aspect qualitatif décrit plus haut, elle ne nous donne aucun renseignement d'ordre quantitatif, notamment en ce qui concerne les vitesses moyennes et les intensités de turbulence au niveau du sol (grandeurs de première importance quant au confort du piéton.)

Malgré cela, il ne faut pas nier l'intérêt de la visualisation ; cette matérialisation de l'écoulement nous permet de sélectionner les points où nous devons réaliser les mesures de vitesse moyenne et d'intensité de turbulence. Il est en effet hors de question d'envisager ce genre de mesure d'une manière systématique, surtout compte-tenu du nombre de plans-masse, des orientations du vent et du temps nécessaire pour effectuer chaque mesure.

#### 5.2.2. Mesure des vitesses moyennes et des intensités de turbulence

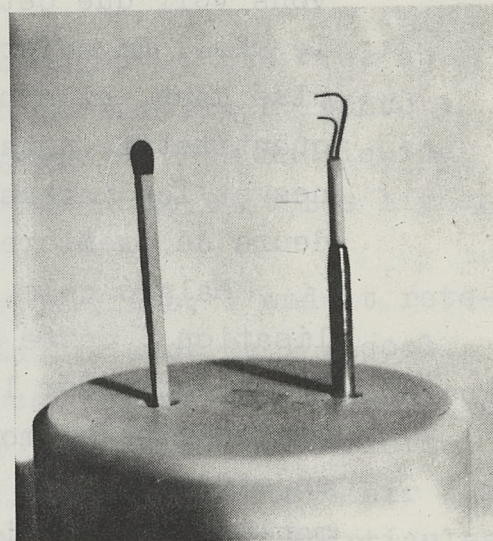
Nous utilisons une chaîne DISA de mesures anémométriques à fil chaud (30). Le principe est le suivant : un fil de très petit diamètre et à fort coefficient de résistance en fonction de la température est placé dans une branche d'un pont de Wheatstone.



Le pont est équilibré pour une température du fil plus élevée que celle de l'air ambiant. Le fil (sonde) placé dans un écoulement turbulent est soumis aux fluctuations de vitesse qui produisent des fluctuations de courant de chauffage. Dans un anémomètre à température constante (type utilisé), ces fluctuations agissent sur l'alimentation pour rétablir

l'équilibre du pont, c'est-à-dire pour maintenir constante la résistance du fil.

Après étalonnage de la sonde à l'aide d'une soufflerie d'étalonnage annexe T.S.I., et d'un manomètre de précision Fortier, on peut déduire de la tension d'alimentation du pont, la vitesse moyenne de l'écoulement ainsi que la valeur quadratique moyenne de la fluctuation de vitesse.

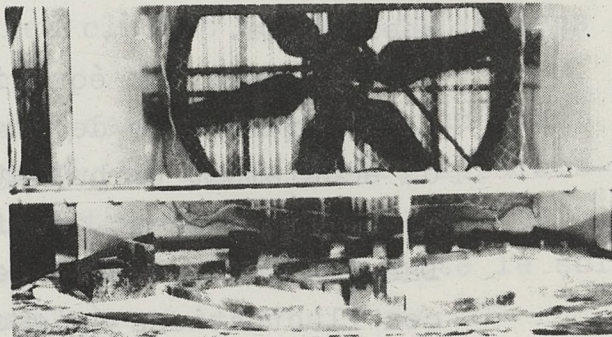


SONDE

La chaîne de mesure représentée sur la photographie ci-dessus est constituée

- d'une sonde à fil chaud (diamètre du fil  $5 \mu$ ) de type 55-P-13
- d'un anémomètre à température constante (55 DOI)
- d'un linéarisateur (55 DIO) permettant d'avoir une correspondance linéaire entre la tension délivrée et la vitesse de l'écoulement.
- d'un voltmètre digital (55 D31) donnant la tension correspondant à la vitesse moyenne de l'écoulement.
- d'un voltmètre R.M.S. (55 D35) fournissant la valeur efficace des fluctuations de tension aux bornes du fil.

Après étalonnage, la sonde est placée dans l'écoulement où elle peut se déplacer indépendamment dans 3 directions orthogonales : X (longitudinal) Y (transversal) et Z (vertical) grâce à un porte-sonde spécialement étudié (31).



MAQUETTE ET PORTE-SONDE

Nous avons pu ainsi

obtenir la vitesse moyenne et l'intensité de turbulence à une distance du sol correspondant à 3 m en site réel. Le nombre de points de mesures est d'environ 50 pour chacun des seize profils étudiés.

Sur les plans-masse (pl. paires 32 à 62), on a porté, pour chaque point de mesure, 2 valeurs : la première, en chiffres droits, représente le coefficient de survitesse tel qu'on l'a défini en 1.4.3. et la seconde, en chiffres italiques, représente l'intensité de turbulence  $I = \sqrt{u'^2}/\bar{u}$

La valeur de  $\varphi_2$  (cf. 1.4.3.) correspondant à chaque plan est également portée. (planches 20 à 26).

### 5.3. Résultats et interprétation

Dans notre présentation sur l'allure générale des écoulements autour des constructions (cf. 1.4.), nous avons mis en évidence un facteur fondamental de ces écoulements : lorsque deux régions voisines sont soumises à des pressions différentes, un écoulement prend naissance allant de la zone où règne la plus haute pression vers la seconde.

A partir de là, et compte tenu des formes particulières rencontrées dans les ensembles de constructions, nous avons mis en évidence les caractères généraux essentiels suivants, que nous étudierons successivement :

- 5.3.1. : "Les barres"
- 5.3.2. : "L'effet Venturi"
- 5.3.3. : "Les liaisons surpression-dépression"
- 5.3.4. : "Les mailles"
- 5.3.5. : "Les canalisations"
- 5.3.6. : Les "trous" sous les constructions
- 5.3.7. : L'effet de coin
- 5.3.8. : Les sillages
- 5.3.9. : Les formes nouvelles
- 5.3.10. : Effet de masque

Avant d'aborder ces différents points, il faut bien noter l'esprit avec lequel nous avons entrepris l'étude : chacun des effets présentés se trouve non pas isolément mais à l'intérieur d'un ensemble plus ou moins complexe, si bien que

différents phénomènes se combinent en un même endroit : un "Venturi" peut être perturbé par un effet de masque, une liaison surpression-dépression peut se trouver couplée avec un effet de canalisation etc... Il est bien évident que cet aspect rend plus difficile le travail de comparaison et de quantification eu égard au nombre de paramètres qui entrent en jeu en même temps.

Isoler chaque type d'anomalie aurait assurément rendu le problème plus facile, mais à côté des réalités. Des résultats qui en apparence seraient plus frappants auraient de fait été moins directement utilisables.

Pour l'étude de chacun des paragraphes énoncés ci-dessus, nous donnerons nos conclusions accompagnées de réductions des plans-masse, en localisant à chaque fois l'anomalie rencontrée, pour permettre au lecteur de se reporter aux planches 31 à 62 où l'on retrouvera les visualisations ainsi que les mesures effectuées de K et I.

### 5.3.1. Les barres

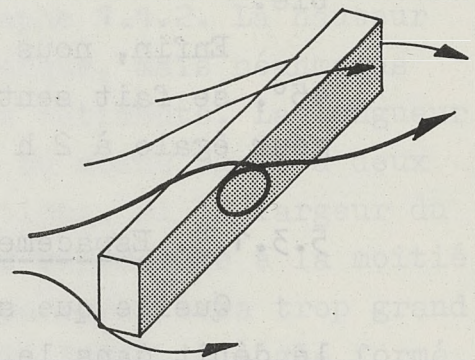
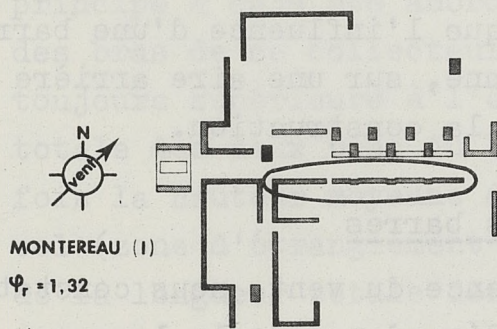
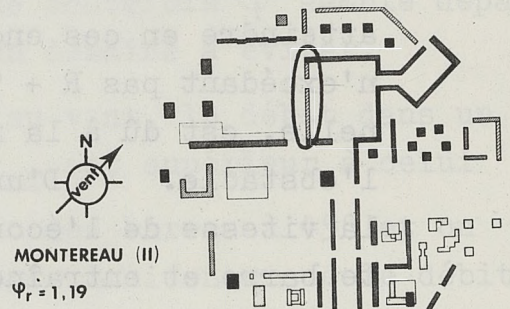
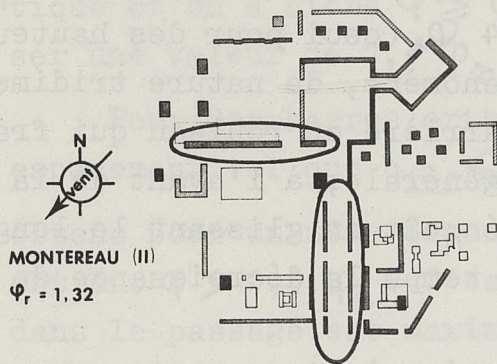
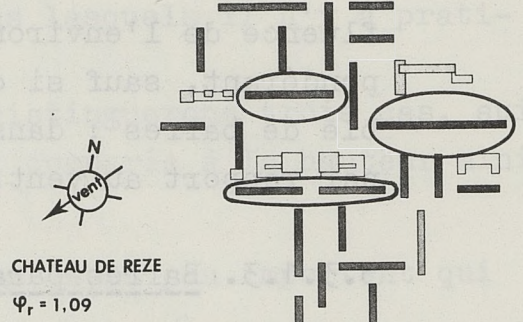
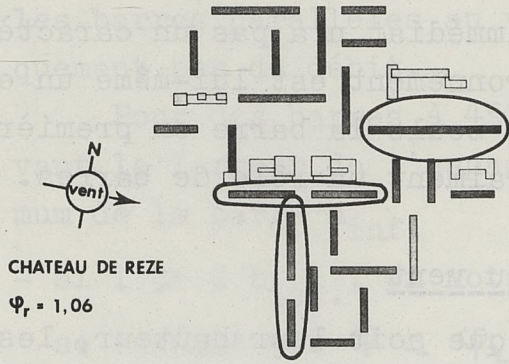
#### 5.3.1.1. Définition

On désigne par "barre" une construction telle que la longueur L soit au moins égale à 8 fois la hauteur h ( $L/h \geq 8$ ) et que l'épaisseur e soit peu importante (en fait, e représente la largeur d'un appartement soit environ 10 m). Par extension, une barre peut être composée d'un ensemble de constructions de même axe longitudinal, séparées par des espacements de largeur inférieure à 2 h et répondant globalement au critère de dimensions précédent. Enfin, une barre peut avoir une hauteur variable d'une extrémité à l'autre, mais toujours supérieure à "e".

#### 5.3.1.2.

Les barres que nous avons étudiées (Cf. planche 20), n'excédaient pas une hauteur de R + 9 et étaient pour la plupart en R + 4.

En remarque générale, nous avons pu constater que l'in-



LOCALISATION DES BARRES

fluence de l'environnement immédiat n'a pas un caractère prépondérant, sauf si cet environnement est lui-même un ensemble de barres ; dans ce cas, seule la barre en première ligne par rapport au vent, joue vraiment un rôle de barres.

#### 5.3.1.3. Barres parallèles au vent

Dans ce cas, et quelle que soit leur hauteur, les barres n'ont aucune influence sur l'écoulement ; aucune zone n'est particulièrement protégé ou exposé du fait de ces barres.

#### 5.3.1.4. Barres à 45° par rapport au vent

On remarque que les survitesses maximum apparaissent au centre arrière de la barre, le paramètre de confort  $\varphi$  peut atteindre en ces endroits  $1,4 \varphi_2$  (ceci pour des hauteurs n'excédant pas  $R + 9$ ). Ce phénomène, de nature tridimensionnelle, est dû à la retombée arrière du rouleau qui franchit l'obstacle. D'une façon générale, à l'avant de la barre, la vitesse de l'écoulement décroît en glissant le long de cette barre et entraîne en même temps la décroissance de la valeur de  $\varphi$ .

Les valeurs de  $\varphi$  constatées à l'avant d'une barre sont inférieures à celles qui apparaissent à l'arrière, tout en restant du même ordre, lorsque la hauteur est de l'ordre de  $R + 4$ . Ceci confirme que pour ces hauteurs, et cette incidence, les barres ne dévient pas le vent d'une manière notable.

Enfin, nous constatons que l'influence d'une barre à 45°, se fait sentir, en moyenne, sur une aire arrière de largeur égale à  $2h$  à partir de la construction.

#### 5.3.1.5. Espacements dans les barres

Quelle que soit l'incidence du vent, nous constatons que le débit dans le passage ne dépend pas de la longueur totale de la barre. Par contre, ce débit est fonction à la fois de l'incidence du vent et de la distance de séparation entre les éléments de la barre (relativement à la hauteur).

Nous écarterons immédiatement le cas des espacements dans

les barres parallèles au vent, dans lesquels il n'y a pratiquement pas de débit.

Pour des barres à 45°, nous distinguerons trois cas, suivant la largeur de l'espacement  $l$ , comparée à la hauteur minimum de la barre  $h_{inf}$ .

- si  $l > 2 h_{inf}$ , on note alors un débit peu important qui

se traduit par  $\varphi < \varphi_2$  : l'espacement est suffisamment grand pour ne pas poser de problèmes particuliers.

- si  $l < h_{inf}$ , là encore  $\varphi < \varphi_2$  : l'espacement est devenu trop petit, la barre se comporte globalement et le débit dans le passage est faible.

- si  $h_{inf} \leq l \leq 2 h_{inf}$ , la largeur de l'espacement est critique et on a alors  $\varphi \geq \varphi_2$  sans que toutefois  $\varphi$  semble dépasser une valeur de  $1,3 \varphi_2$ . C'est un domaine à éviter.

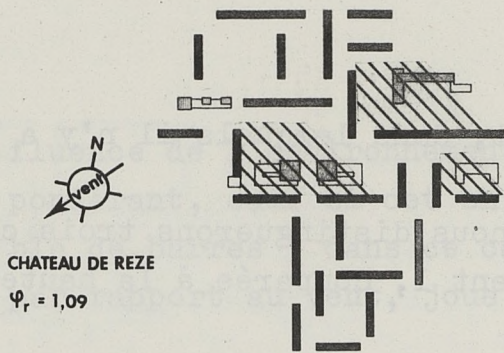
Pour des barres orthogonales au vent, le débit dans un espacement tel que  $h_{inf} \leq l \leq 2 h_{inf}$  est supérieur à celui obtenu pour un même espacement avec des barres à 45° et on obtient  $\varphi > 1,3 \varphi_2$ . C'est sous cette incidence que le débit dans le passage est maximum, pour une largeur donnée.

### 5.3.2. Effet Venturi

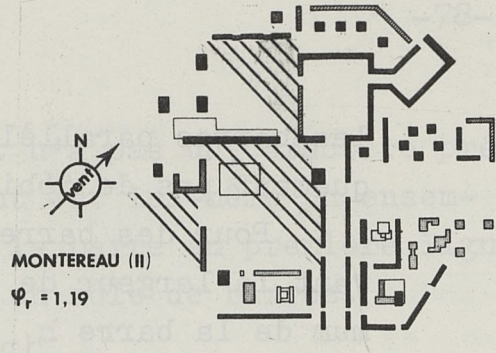
#### 5.3.2.1. Définition

L'effet Venturi est un phénomène de collecteur dont le principe a déjà été abordé au paragraphe 1.4.2. La hauteur des bras de ce collecteur sera quelconque, mais néanmoins toujours supérieure à l'épaisseur des bâtiments. La longueur totale des deux bras du Venturi sera au moins égale à deux fois la hauteur moyenne des constructions. Si la largeur du col (zone d'étranglement maximum) est supérieure à la moitié de la longueur totale des bras, l'espacement sera trop grand pour que l'on ait un effet de Venturi. Enfin, l'angle formé par les deux bras sera compris entre 30 et 120° et le vent pénétrera dans le collecteur à peu près suivant la bissectrice de cet angle.

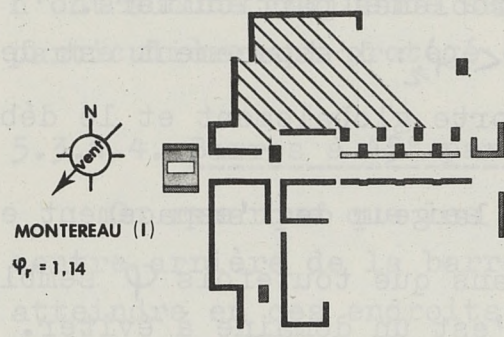




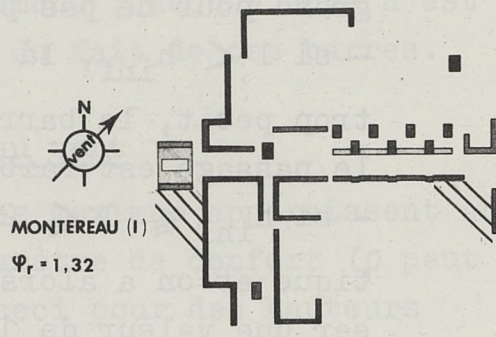
CHATEAU DE REZE  
 $\Psi_r = 1,09$



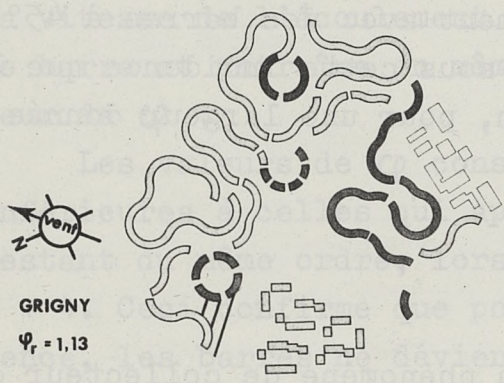
MONTEREAU (II)  
 $\Psi_r = 1,19$



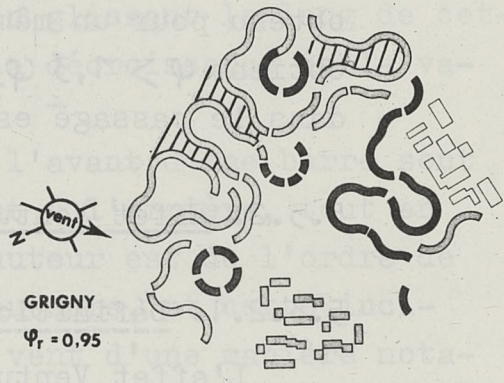
MONTEREAU (I)  
 $\Psi_r = 1,14$



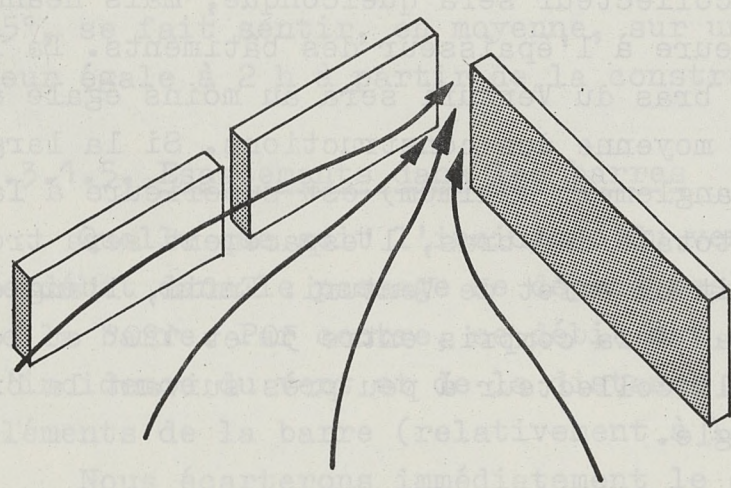
MONTEREAU (I)  
 $\Psi_r = 1,32$



GRIGNY  
 $\Psi_r = 1,13$



GRIGNY  
 $\Psi_r = 0,95$



LOCALISATION  
DES "VENTURI"

Les bras d'un Venturi peuvent être discontinus, mais ce cas n'est pas vraiment typique surtout si les porosités des bras sont importantes.

On trouvera rassemblé planche 21 les effets Venturi les plus caractéristiques que nous avons rencontrés et qui ont été utilisés pour cette étude.

#### 5.3.2.2. Influence de l'environnement

L'environnement d'un Venturi, qu'il soit amont ou aval, est un facteur important. En effet, on constate que si l'ouverture d'un Venturi est partiellement bloquée, son effet est réduit, même si l'aval est dégagé, dans de plus ou moins grandes proportions, en fonction de l'importance du blocage et dans tous les cas étudiés, on a obtenu  $\varphi < \varphi_2$

Inversement, si un Venturi débouche sur un volume fermé ou sur une zone de forte densité d'occupation, son existence est remise en question, même si son ouverture est entièrement dégagée ; là encore nous constatons  $\varphi < \varphi_2$

#### 5.3.2.3. Influence de la hauteur et de la longueur des bras

Pour des géométries semblables, plus la hauteur des bras est importante, plus le débit est grand. Dans tous les cas présentés ici, où la hauteur moyenne ne dépasse pas  $R + 8$ , on constate que  $\varphi < 1,4 \varphi_2$ . Cependant si les hauteurs sont plus importantes, il faut sûrement s'attendre à des valeurs de  $\varphi$  au moins égales à 1,5

En ce qui concerne la longueur des bras, nos exemples ne nous permettent pas de quantifier leur importance, mais nous pouvons cependant affirmer que les valeurs des survitesses rencontrées au col du Venturi, sont liées directement à la longueur des bras.

#### 5.3.2.4. Influence de la largeur du col du Venturi

Si la largeur du col du Venturi est inférieure à  $\bar{h}$  ou supérieure à  $4 \bar{h}$ , les valeurs de  $\varphi$  sont inférieures à  $\varphi_2$ . Dans le premier cas, l'orifice est trop petit et l'écoulement considère globalement le Venturi : le débit au col res-

te faible. Il en est de même si l'orifice devient trop grand, le phénomène de collecteur tend à s'atténuer fortement.

Par contre, si la largeur du col est comprise entre  $2 \bar{h}$  et  $3 \bar{h}$ , le débit est maximum et on peut atteindre pour  $\varphi$  des valeurs de  $1,4 \varphi_2$  pour des hauteurs moyennes inférieures ou égales à  $R + 8$ .

#### 5.3.2.5. Effet Venturi dans les formes courbes

Ce genre de forme, de par son profilage aérodynamique, est particulièrement favorable au phénomène de Venturi, même dans le cas d'ensembles peu élevés.

Nous avons constaté des valeurs de  $\varphi$  comprises entre 1,1 et  $1,3 \varphi_2$  dans des constructions en  $R + 2$  et  $R + 4$ , ce qui est important, compte tenu des hauteurs et comparativement aux résultats obtenus plus haut pour des formes plus classiques.

#### 5.3.3. Les liaisons "surpression-dépression"

##### 5.3.3.1. Définition

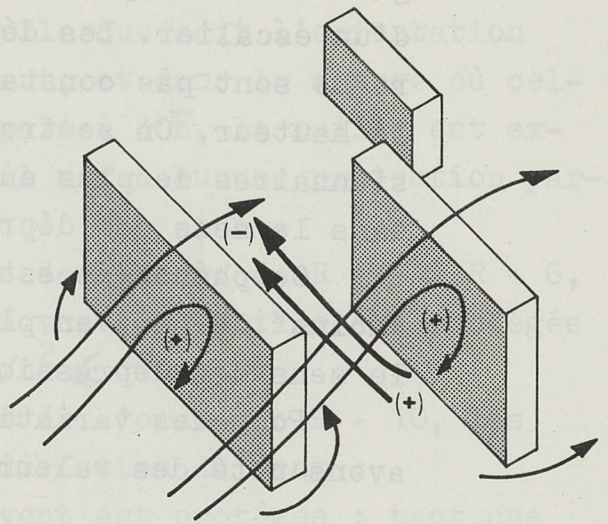
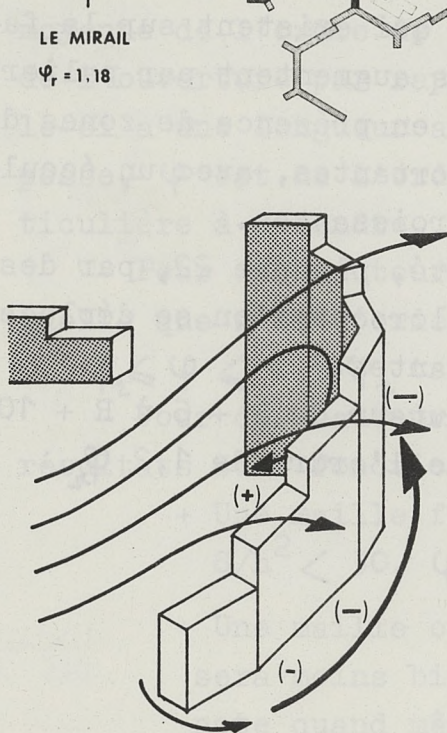
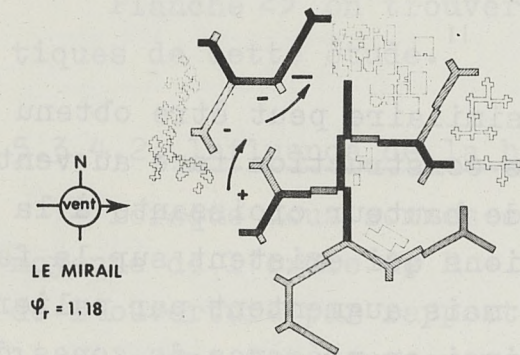
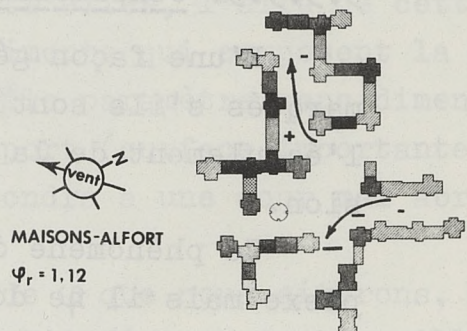
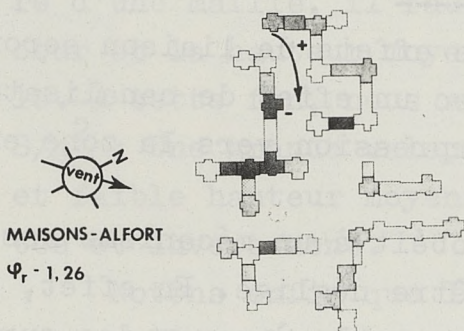
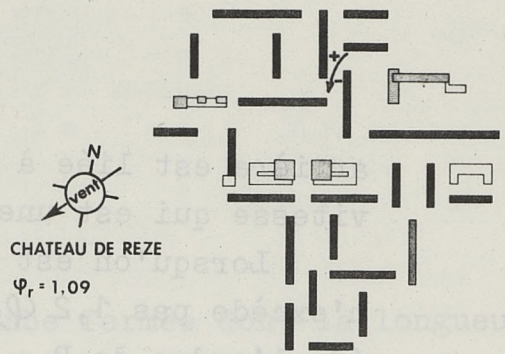
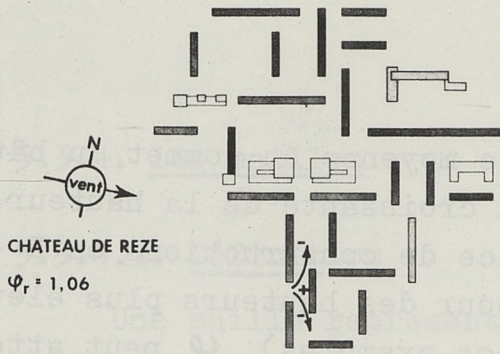
Lorsque le vent rencontre 2 constructions placées côte à côte, mais décalées l'une par rapport à l'autre, la dépression qui règne à l'arrière du premier bâtiment est proche de la surpression à l'avant du second. L'écoulement qui se produit de la surpression vers la dépression caractérise cet effet "surpression-dépression". Nous avons déjà abordé ce phénomène dans les généralités au paragraphe 1.4.1.

Pour que ce phénomène soit caractéristique, il ne faut pas que le décalage entre les constructions soit supérieur à deux fois leur hauteur moyenne.

On trouvera planche 22 les principaux cas de liaisons "surpression-dépression" rencontrés dans cette étude.

##### 5.3.3.2. Influence de la hauteur

La hauteur des constructions joue dans ce type d'écoulement un rôle prépondérant. En effet, la valeur de la dépres-



LOCALISATION DES LIAISONS  
SURPRESSION - DEPRESSION

arrière est liée à la vitesse moyenne au sommet du bâtiment, vitesse qui est une fonction croissante de la hauteur.

Lorsqu'on est en présence de constructions en  $R + 4$ ,  $\varphi$  n'excède pas  $1,2 \varphi_2$ , mais pour des hauteurs plus élevées (de l'ordre de  $R + 10$  dans nos exemples),  $\varphi$  peut atteindre  $1,6 \varphi_2$  sans jamais descendre au-dessous de  $1,4 \varphi_2$ .

### 5.3.3.3. Considérations générales

D'une façon générale, les effets de liaison seront mieux marqués s'ils sont couplés avec un effet de canalisation de l'écoulement de la zone en surpression vers la zone en dépression.

Ce phénomène de liaison obéit à un mécanisme assez complexe mais il ne doit jamais être négligé. En effet, sa prise en considération est indispensable à cause des surfaces perturbées importantes dans de nombreux cas (elles sont de l'ordre des dimensions longitudinales des constructions).

### 5.3.3.4. Cas particulier

Un type d'écoulement similaire peut être obtenu dans le cas suivant : Supposons une construction face au vent, de longueur assez importante et de hauteur croissante à la manière d'un escalier. Les dépressions qui existent sur la face arrière ne sont pas constantes, mais augmentent par paliers avec la hauteur. On se trouve ainsi en présence de zones dépressionnaires de plus en plus importantes, avec un écoulement dans le sens des dépressions croissantes.

Ce phénomène est représenté, planche 22, par des signes "moins" de plus en plus longs lorsque l'on se déplace dans le sens des dépressions croissantes.

Pour des variations de hauteur de  $R + 6$  à  $R + 10$ , nous avons noté des valeurs de  $\varphi$  de l'ordre de  $1,2 \varphi_2$ .

### 5.3.3.2. Influence de la hauteur

Les effets de liaison sont plus importants pour les constructions de hauteur croissante. En effet, la dépression est plus importante dans les zones de dépression croissantes.

### 5.3.4. Les mailles

#### 5.3.4.1. Définition

Une maille représente une courbe fermée dont la longueur de l'ouverture (ou de l'ensemble des ouvertures) ne représente pas plus de 25 % du périmètre total de la maille.

Afin de caractériser la protection de la cour intérieure d'une maille, il faut relier entr'elles, l'aire de cette cour et la hauteur moyenne des bâtiments qui composent la maille. A cette fin, nous avons choisi le paramètre sans dimension  $S/h^2$  : Une grande valeur de ce rapport (surface importante et faible hauteur moyenne) correspondra à une cour mal abritée et inversement.

Notons enfin que les valeurs de  $\varphi$  que nous citerons, seront celles obtenues strictement à l'intérieur de la maille ; en particulier les effets de goulets ne seront pas pris en compte s'ils restent locaux.

Planche 23 on trouvera les mailles les plus caractéristiques de cette étude.

#### 5.3.4.2. Influence de la hauteur

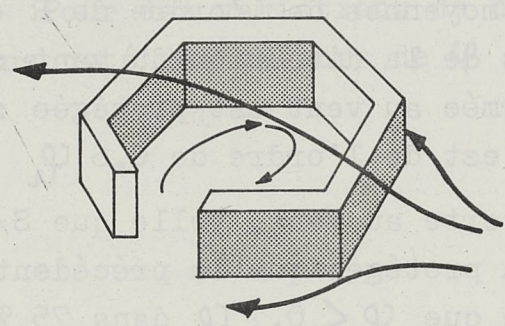
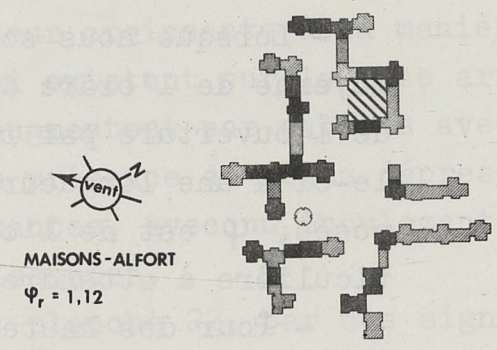
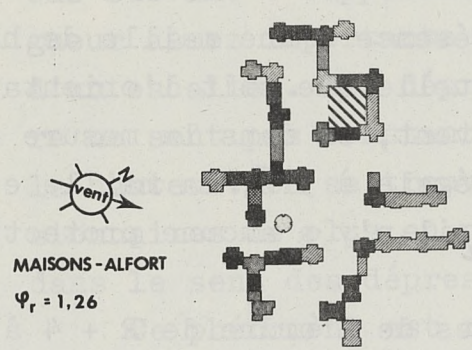
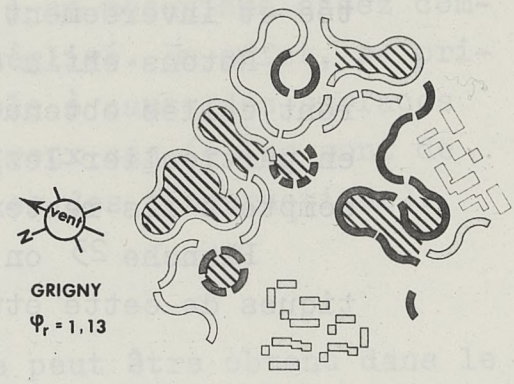
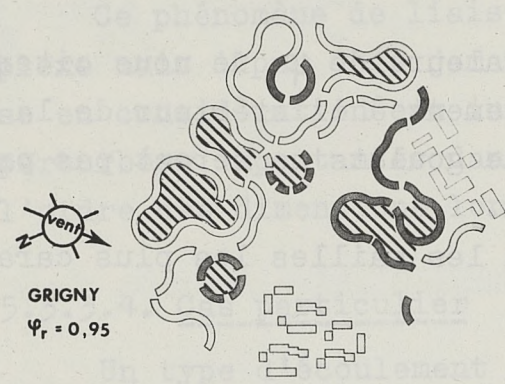
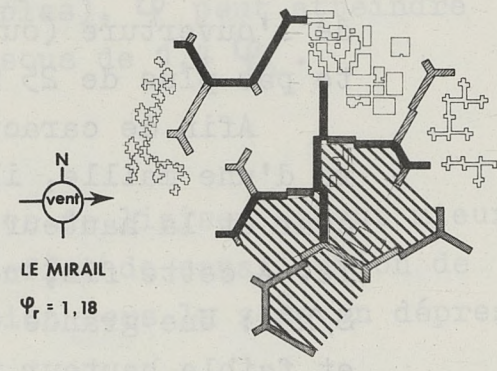
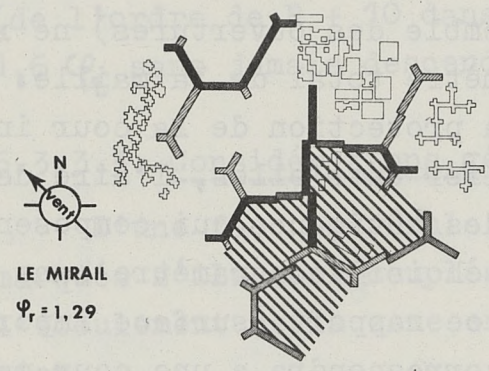
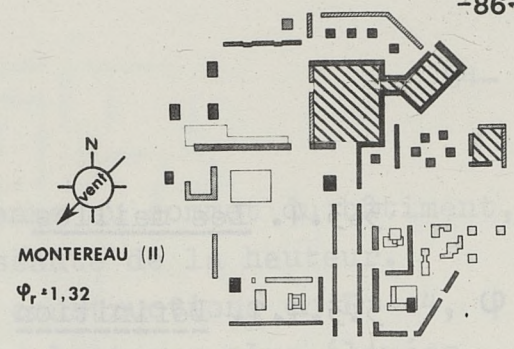
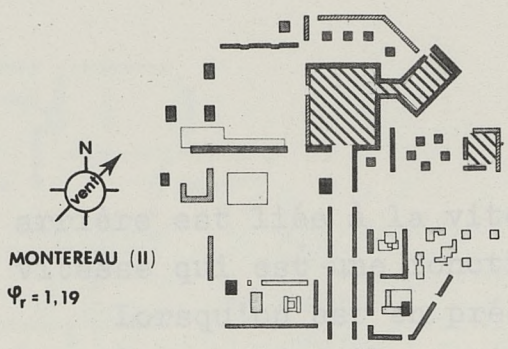
- Lorsque nous sommes en présence d'une maille de hauteur moyenne de l'ordre de  $R + 2$ , quelle que soit l'orientation de l'ouverture par rapport au vent, et dans la mesure où celle-ci a une longueur au moins égale à  $3 \bar{h}$ , la maille est exposée,  $\varphi$  est de l'ordre de  $\varphi_2$  il n'y a aucune protection particulière à attendre.

- Pour des hauteurs moyennes de l'ordre de  $R + 4$  à  $R + 6$ , quelle que soit l'orientation du vent, la maille est protégée :  $0,5 \varphi_2 \leq \varphi \leq 0,9 \varphi_2$  tant que  $S/h^2 \leq 10$ .

- Pour des hauteurs moyennes de l'ordre de  $R + 10$ , les résultats sont fonctions de la direction du vent :

+ Une maille fermée au vent est protégée : tant que  $S/h^2 < 30$ ,  $\varphi$  est de l'ordre de  $0,6 \varphi_2$

+ Une maille ouverte au vent, telle que  $S/h^2 < 20$ , sera moins bien protégée que la précédente, mais on note quand même que  $\varphi < 0,7 \varphi_2$  dans 75 % de la mail-



LOCALISATION  
DES MAILLES

le (les 25 % restant correspondent à la zone proche de l'entrée).

- + Une maille ouverte à  $45^\circ$  par rapport au vent est soumise à des survitesses importantes, ce qui donne naissance à des zones d'inconfort sur la plus grande partie de l'aire de la maille :  $\varphi$  peut atteindre  $1,1 \varphi_2$ .
- + Une maille dont l'ouverture est parallèle au vent est sujette à un phénomène identique au précédent, mais légèrement réduit : pour  $S/h^2 < 20$ , on note pour  $\varphi$  une valeur moyenne de l'ordre de  $0,9 \varphi_2$ .

- Soit une maille dont l'un des côtés est au moins deux fois plus haut que les autres (cf. maille Montereau II) ; lorsque le vent arrive normalement à cette face élevée, on remarque que cet écran a pour effet de protéger la maille de manière importante, quel que soit le sens du vent. On note toutefois une protection légèrement plus importante si le vent "prend" l'écran avant la maille :  $\varphi = 0,7 \varphi_2$ , alors que dans l'autre sens  $\varphi = 0,8 \varphi_2$  avec un écran qui représente une surface au vent de l'ordre de  $1/5$  de la surface au sol de la maille.

#### 5.3.4.3. Cas particulier

Lorsqu'une maille vient se greffer sur une canalisation, avec son ouverture parallèle à l'écoulement canalisé, et une hauteur moyenne identique à celle de la canalisation, on est en présence d'un phénomène de "sifflet" : par entraînement visqueux, et en relation directe avec la survitesse du canal, on peut atteindre dans le tourbillon central de la maille

$\varphi = 1,3 \varphi_2$  lorsque  $S/h^2 = 5$  (cf. maille Maison-Alfort).



### 5.3.5. Effet de canalisation

#### 5.3.5.1. Définition

Nous appelons canalisation un couloir à ciel ouvert aussi peu poreux que possible (porosité inférieure à 5 %), dont la largeur reste aussi constante que possible (à  $\pm \frac{h}{4}$  près). La largeur du couloir est limitée à une valeur maximum de  $2 \bar{h}$  ; si la largeur est supérieure à  $3 \bar{h}$ , on a plus une zone dégagée qu'un couloir. La canalisation n'est pas obligatoirement rectiligne, ce peut être un couloir courbe ou à angles vifs.

#### 5.3.5.2. Propriétés générales

Le phénomène de canalisation ne se suffit pas à lui-même, il peut simplement amplifier, surtout du point de vue des surfaces affectées, une anomalie. Par exemple, dans le cas de la surpression-dépression que l'on constate à Maison-Alfort, les survitesses apparues se maintiennent sur toute la longueur de la canalisation. La précaution fondamentale consiste donc à éviter de relier des zones de pressions différentes par une canalisation, ou encore de placer une canalisation au col d'un venturi, les survitesses locales étant alors transportées tout au long de la canalisation. Le paramètre de la hauteur, important dans de nombreux cas, va jouer sur la cause de l'anomalie plutôt que sur le phénomène de canalisation associé.

Une canalisation parallèle au vent dominant, ne donne aucun caractère de protection dans le couloir, mais non plus, si elle agit seule, de phénomène amplificateur.

Un canal libre, prend d'autant plus de vent que son axe est parallèle au vent dominant, par conséquent, si on recherche une relative protection dans ce couloir, il y a tout intérêt à lui donner une incidence comprise entre  $45^\circ$  et  $90^\circ$  par rapport au vent dominant excepté dans le cas où le couloir est formé par des barres (cf. 5.3.1.5.).

### 5.3.6. Les trous sous les constructions

#### 5.3.6.1. Définition

On distingue deux sortes de trous sous les constructions, d'une part les "passages isolés", au niveau du sol, entre les faces avant et arrière d'une construction, et d'autre part les porosités au niveau du sol réparties uniformément sur toute la longueur du bâtiment ou "pilotis".

Nous avons regroupé, planche 24, les différents passages et pilotis rencontrés dans cette étude.

#### 5.3.6.2. Etude des passages isolés

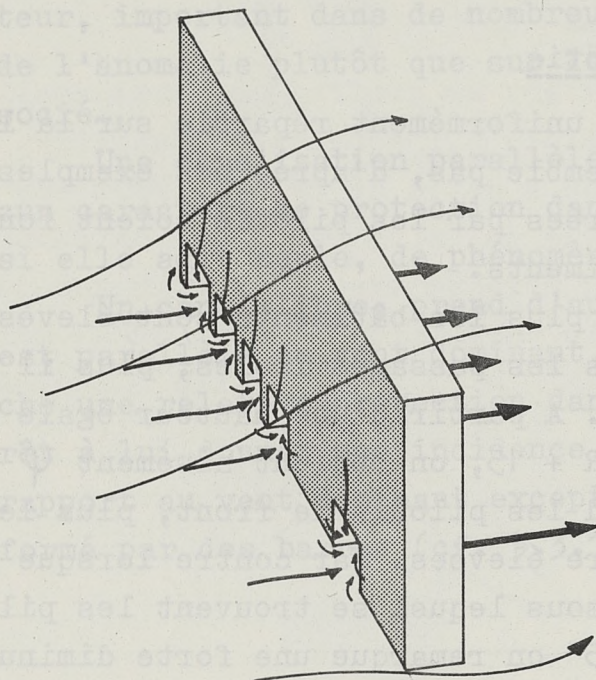
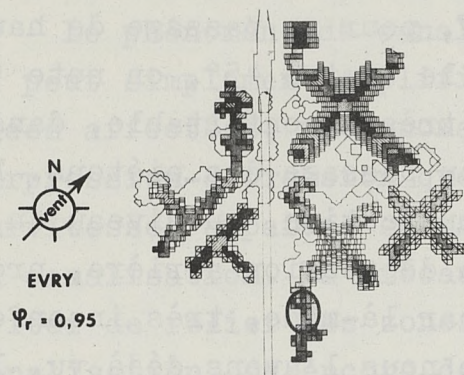
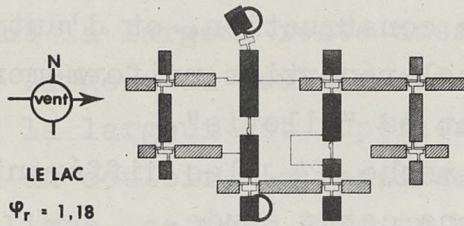
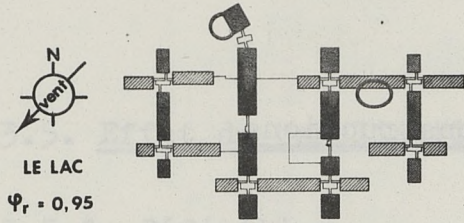
Dans un milieu en R + 7, pour un passage de hauteur  $\frac{h}{3}$  et de largeur  $h/2$  qui prend le vent à  $45^\circ$ , on note  $\varphi = 1,7 \varphi_2$  qui se traduit par une zone très inconfortable, dans cette zone généralement affectée au passage des piétons. En règle générale, toute mise en communication, au niveau du sol, de la surpression avant avec la dépression arrière, provoque un écoulement très intense et par là-même, très inconfortable. Les dépressions étant, comme nous l'avons déjà vu, liées à la hauteur des bâtiments, plus ceux-ci seront élevés, plus  $\varphi$  sera important dans le passage.

#### 5.3.6.3. Etude des pilotis

La porosité étant uniformément répartie sur la longueur des bâtiments, il ne semble pas, d'après nos exemples, que les survitesses engendrées par les pilotis soient fonction de la longueur des bâtiments.

A porosité égale, plus les bâtiments sont élevés, et pour la même raison que dans les passages isolés, plus il y a de débit sous les pilotis. A partir d'une hauteur égale à R + 6,  $\varphi \geq 1,5 \varphi_2$  et pour R + 15, on obtient aisément  $\varphi = 1,8 \varphi_2$ .

Plus le vent prend les pilotis de front, plus les survitesses risquent d'être élevées. Par contre lorsque le vent fait avec le bâtiment sous lequel se trouvent les pilotis un angle inférieur à  $45^\circ$  on remarque une forte diminution de  $\varphi$ . A la limite, lorsque le vent est parallèle, à ce bâti-



LOCALISATION DES TROUS  
SOUS LES CONSTRUCTIONS

ment on a  $\varphi \leq 0,7 \varphi_2$  l'effet des pilotis est fortement atténué.

#### 5.3.6.4. Remarques générales

Des deux paragraphes précédents nous pouvons déduire que la dimension des passages ne semble pas avoir une influence particulière sur la valeur de  $\varphi$  ; en effet, que nous ayons un passage isolé ou un ensemble de pilotis sous une construction, nous constatons pour  $\varphi$  des valeurs pratiquement égales, de l'ordre de  $1,6 \varphi_2$  à hauteur de constructions identiques.

Enfin, nous remarquons que dans tous les cas de passages les valeurs des survitesses (et de  $\varphi$ ) sont plus grandes à la sortie qu'à l'entrée. Ceci s'explique par le fait que l'écoulement pénètre dans l'orifice de façon diffuse tandis qu'il ressort sous forme de jet.

#### 5.3.7. L'effet de coin

##### 5.3.7.1. Définition

Cet effet résulte de la liaison, par les coins des formes à arêtes vives (tours, barres, bâtiments élevés et longs, etc..), des surpressions amont avec les dépressions aval.

On retrouve le même phénomène aux coins, non plus d'un bâtiment isolé, mais d'un ensemble compact de constructions.

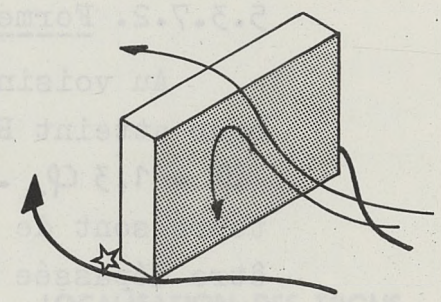
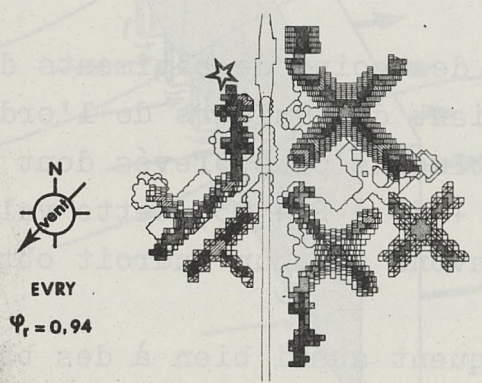
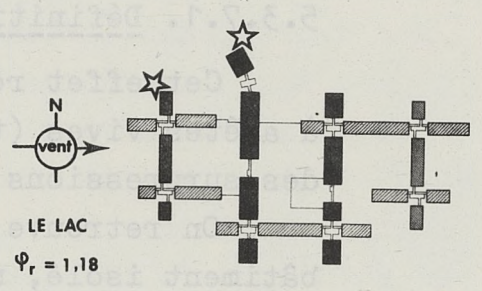
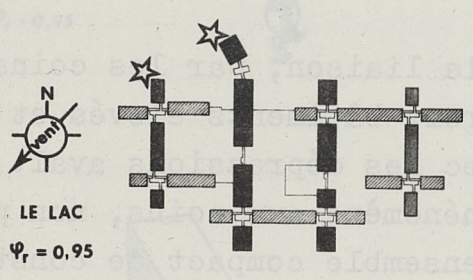
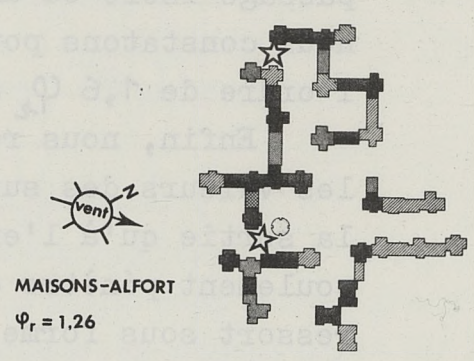
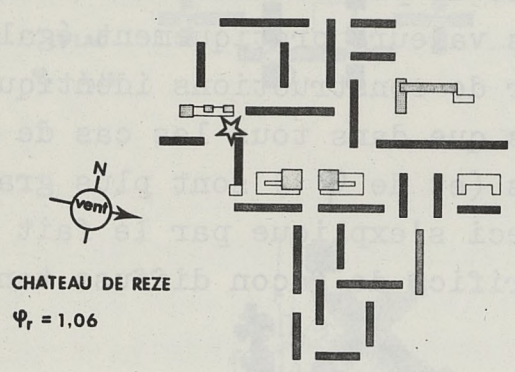
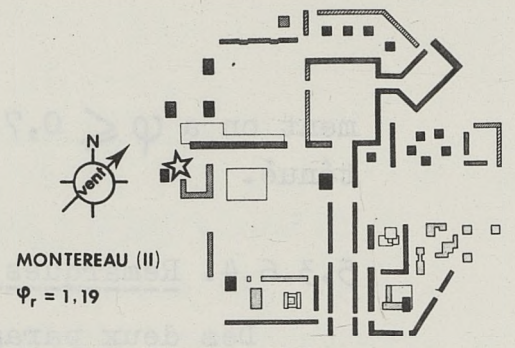
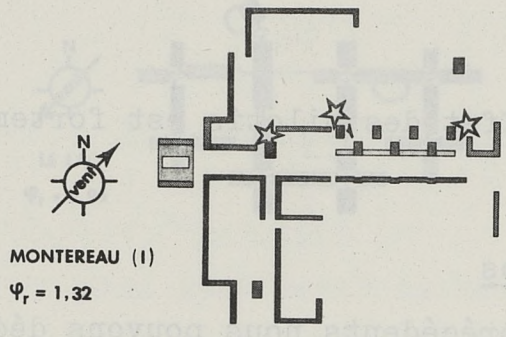
Planche 25, nous avons indiqué les effets de coin les plus significatifs.

##### 5.3.7.2. Formes isolées

Au voisinage immédiat des coins de bâtiments dont la hauteur atteint  $R + 4$ , on obtient des valeurs de l'ordre de

$\varphi = 1,3 \varphi_2$ . Pour des bâtiments plus élevés dont les hauteurs sont de l'ordre de  $R + 10$  à  $R + 15$ , cette valeur peut être dépassée mais nous n'avons à aucun endroit obtenu plus de  $\varphi = 1,5 \varphi_2$ .

Ces résultats s'appliquent aussi bien à des bâtiments longs et hauts qu'à des tours pour des hauteurs comparables.



LOCALISATION DES EFFETS DE COIN

#### 5.3.7.3. Formes compactes

Dans le cas de formes compactes importantes, telles que celles qui apparaissent à Maison-Alfort, au Lac ou à Evry, nous obtenons des valeurs plus fortes que les précédentes. En effet, nous avons atteint facilement aux coins de ces formes  $\varphi = 1,8 \varphi_2$  pour des hauteurs comprises entre  $R + 9$  et  $R + 15$ . Pour Evry, il faut noter que la valeur obtenue ne correspondait pas au coin d'une forme pyramidale mais à un coin de hauteur  $R + 9$  (Cf. 5.3.9.).

#### 5.3.7.4. Remarque

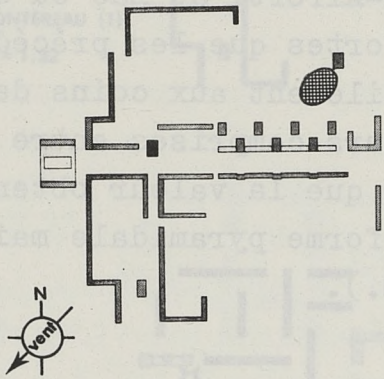
D'après l'étude précédente, nous pouvons conclure que si la hauteur est un paramètre important parce que liée à la dépression aval, il n'en demeure pas moins que les longueurs des formes revêtent aussi un caractère important. En effet, les maximum obtenus qui sont de l'ordre de  $1,5 \varphi_2$  dans le cas des formes isolées de longueurs relativement faibles, atteignent aisément des valeurs de  $1,8 \varphi_2$  dans le cas de formes compactes beaucoup plus longues, pour des hauteurs de constructions du même ordre.

Enfin, il faut noter que ces effets de coin restent malgré tout très locaux. Les zones affectées ont au maximum une largeur équivalente à  $h/3$  par rapport au coin considéré et s'étendent à l'aval de ce coin, sur une profondeur à peu près égale à l'épaisseur du bâtiment.

#### 5.3.8. Les sillages

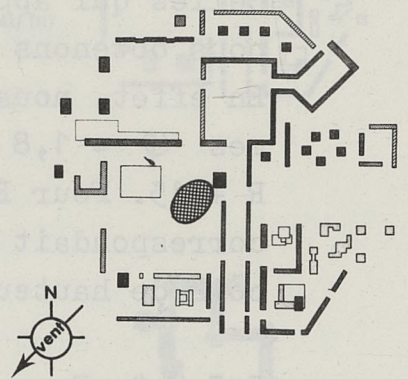
On désigne par zone de sillage, la zone tourbillonnaire qui se développe à l'arrière des constructions. Nous avons retenu les sillages à l'arrière des tours et des barres. Ce sont des zones en général à fort taux de turbulence. Nos conclusions s'intéressent surtout à l'aire de ces sillages.

Planche 26 ont été rassemblés les zones de sillage les plus représentatives. En particulier nous avons choisi des constructions dont les zones arrières sont assez dégagées pour que la visualisation nous donne une bonne représentation de ce sillage.



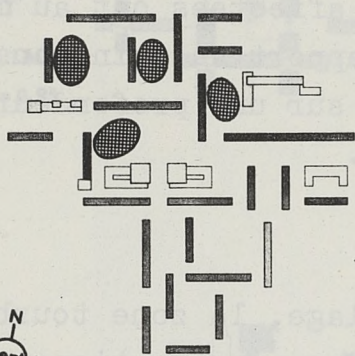
MONTEUREAU (I)

$\Psi_r = 1,14$



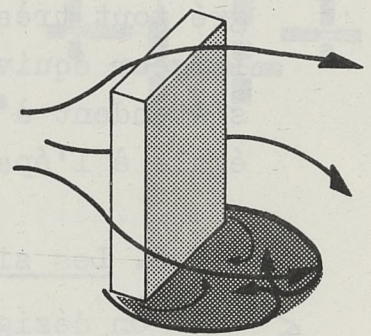
MONTEUREAU (II)

$\Psi_r = 1,32$



CHATEAU DE REZE

$\Psi_r = 1,06$



LOCALISATION DES SILLAGES

Derrière des bâtiments dont la hauteur varie de  $R + 4$  (longueur  $3 h$ ) à  $R + 10$  (longueur  $h$ ) le sillage se développe sur une longueur comprise entre  $3 h$  et  $4 h$  à compter de la construction, lorsque celle-ci "prend" le vent orthogonalement et que l'aval est bien dégagé. En effet, nous avons remarqué que derrière deux constructions identiques placées l'une derrière l'autre, la zone de sillage diminue de longueur d'une construction à l'autre. Ainsi, pour 2 bâtiments de hauteur  $R + 4$ , de longueur  $2 h$  séparés par une distance de  $7 h$  et prenant le vent orthogonalement, on note pour le premier, un sillage de longueur  $3 h$  tandis que pour le second cette longueur n'est plus que de  $2 h$ .

Lorsque nous sommes en présence d'une tour, la zone de sillage, s'étend sur une longueur égale environ à  $2 h$ , pour des tours dont la hauteur varie de  $R + 15$  à  $R + 20$ .

Dans toutes ces zones de sillage, on note pour  $\varphi$  des valeurs comprises entre  $0,5 \varphi_2$  et  $1,2 \varphi_2$ .

Il faut noter que dans ces zones la gêne, lorsqu'elle existe, provient plutôt de l'intensité de turbulence élevée que de la survitesse.

### 5.3.9. Formes nouvelles

Nous désignons ainsi les constructions pyramidales représentées dans cette étude par le plan masse d'Evry (Cf. planches 30, 59, 60, 61 et 62). Dans ce type de construction, le niveau moyen des survitesses se situe bien en dessous de 1, par contre le niveau de turbulence atteint en moyenne 40 %, ce qui donne pour  $\varphi$  un niveau moyen de l'ordre de  $0,7 \varphi_2$ .

En effet, ces formes par leur topographie assez aérodynamique (absence de discontinuités vives pour les hauteurs) et leur rugosité d'état de surface (représentée par les décrochements d'un niveau à l'autre) semblent dissiper le maximum d'énergie du vent, d'où les tendances exprimées ci-dessus en ce qui concerne K et I. Ces formes devraient donner de bons résultats sur le plan du confort, au moins au niveau du sol.

Dans ce type de construction, nous avons constaté des survitesses uniquement en des points particuliers où la for-



me elle même n'est pas impliquée : Par exemple, en un coin de bâtiment de hauteur  $R + 9$  ou encore, sous un passage mettant en communication des zones de pressions différentes, nous avons constaté  $\varphi = 1,7 \varphi_2$ .

L'effet de coin en particulier, aurait pu être évité en ne tronquant pas localement le bâtiment en  $R + 9$ , mais en le descendant par papiers jusqu'en  $R + 0$ . La structure pyramidale est la seule qui permette d'ailleurs de s'affranchir en grande partie de l'effet de coin.

#### 5.3.10. Effet de masque

On désigne ainsi l'effet de protection engendré par un ensemble de constructions sur les suivantes (par rapport à la direction du vent).

Sur tous les plans masses étudiés, et à anomalies identiques, au fur et à mesure que l'on pénètre à l'intérieur du site construit, dans la direction de vent considérée, on constate une décroissance de la survitesse  $K$  qui peut descendre à 0,2 et une augmentation de l'intensité de turbulence  $I$  qui peut atteindre 70 % ; quant au paramètre de confort, sa valeur dans les mêmes conditions peut descendre jusqu'à

$$\varphi = 0,3 \varphi_2 .$$

Lorsqu'on pénètre dans un plan masse, cet effet de masque peut donc réduire plus ou moins le degré d'inconfort dû aux anomalies. Si l'on compare par exemple l'écoulement dans un passage à Evry avec un vent de même direction mais de sens contraire (Sud-Ouest et Nord-Est) on constate  $\varphi = 1,7 \varphi_2$  lorsque le trou est libre (pas d'environnement amont) et seulement  $\varphi = \varphi_2$  lorsque le trou subit l'effet de masque du plan masse. Nous avons vu combien l'effet d'un venturi peut être atténué dans la mesure où son environnement amont (par rapport au vent) est dense ;  $\varphi$  reste alors inférieur à  $\varphi_2$ . (Cf. 5.3.2.2.)

L'intérieur des cours fermées par des immeubles sur pilotis (sauf à leur voisinage immédiat) semble bien protégé par ceux-ci qui jouent le rôle de brise-vent poreux :  $\varphi$  ne dépasse pas 0,8  $\varphi_2$ .

Les effets de masque qui sont toujours présents et qui jouent souvent un rôle important, sont au stade actuel de notre étude, très difficilement quantifiables. Cet effet tient compte de toute l'histoire du vent dans les bâtiments qui précèdent le domaine étudié et isoler une caractéristique de l'effet de masque parmi un ensemble n'est pas possible.

Toutefois, on peut noter que l'effet de masque, aussi important soit-il, ne parviendra jamais à éliminer toute vitesse moyenne ou toute intensité de turbulence dans une anomalie donnée, il se borne à les réduire plus ou moins. L'essentiel était donc de ne pas supprimer cet effet, ce que nous avons fait, en considérant les anomalies au sein des plans masse. L'effet de masque se trouve ainsi intégré à toutes les discussions précédentes et nos résultats ne sont pas à remettre en cause.

#### 5.3.11. Remarque

Nous avons noté dans le paragraphe 1.4.1. (Ecoulement autour des constructions) que la zone tourbillonnaire à l'avant d'un immeuble haut et long était le siège de survitesses importantes d'après (8). Les visualisations au pied d'immeubles parallélepipediques élevés, laissent apparaître les lignes de décollement de ces tourbillons, au niveau du sol, sous forme de dépôt important de Kaolin qui par sa densité ne peut pas suivre le mouvement vertical qui lui est imposé. Si  $h$  est la hauteur du bâtiment, nous constatons que ces lignes de décollement se situent à une distance du pied de la construction comprise entre  $0,3 h$  et  $0,4 h$ .

Nous n'avons pas retrouvé les survitesses attendues, mais ceci peut être dû au fait que dans ces régions tourbillonnaires, l'écoulement est fortement tridimensionnel et la composante verticale peut être prépondérante ; or le fil chaud vertical que nous utilisons ne "voit" la vitesse que dans un plan qui lui est perpendiculaire c'est-à-dire horizontal.

Dans de telles zones, heureusement assez rares au niveau du sol, la méthode anémométrique à fil chaud est impar-

Faite. Nous ne pouvons donc pas être catégoriques quant à l'existence de cette zone de survitesse cependant probable.

### 5.3.12. Signification pratique du paramètre de confort

Afin de terminer cette étude, il est bon d'apporter quelques précisions plus concrètes sur la notion de paramètre de confort.

Nous avons vu en 1.4.3. que le critère de confort correspondait à une vitesse moyenne admissible égale à 5 m/s. Cette vitesse est observée en site  $\alpha = 0,16$  à 3 m du sol, lorsque la vitesse moyenne observée à la station météo voisine ( $\alpha = 0,14$ ), à 10 m de hauteur est de 7 m/s.

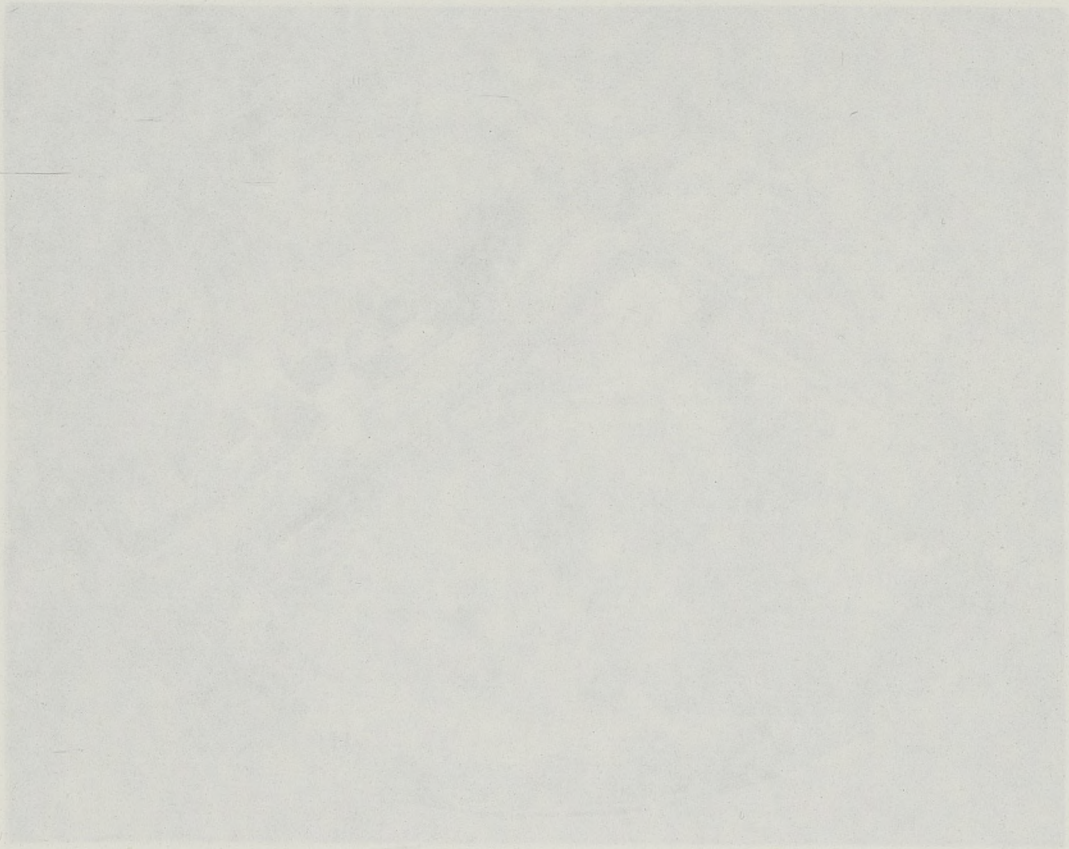
Par référence à différentes stations en France, et sur une période de 10 ans, nous constatons que cette vitesse est dépassée pendant 10 % du temps soit en viron 1 mois par an, ce qui correspond à peu près au cycle annuel normal des perturbations importantes.

Pour une valeur  $\varphi = 1,2 \varphi_r$ , la fréquence de dépassement est de 20 % du temps soit 2,5 mois par an ; pour

$\varphi = 1,4 \varphi_r$ , de 30 % du temps soit 4 mois par an, enfin, pour

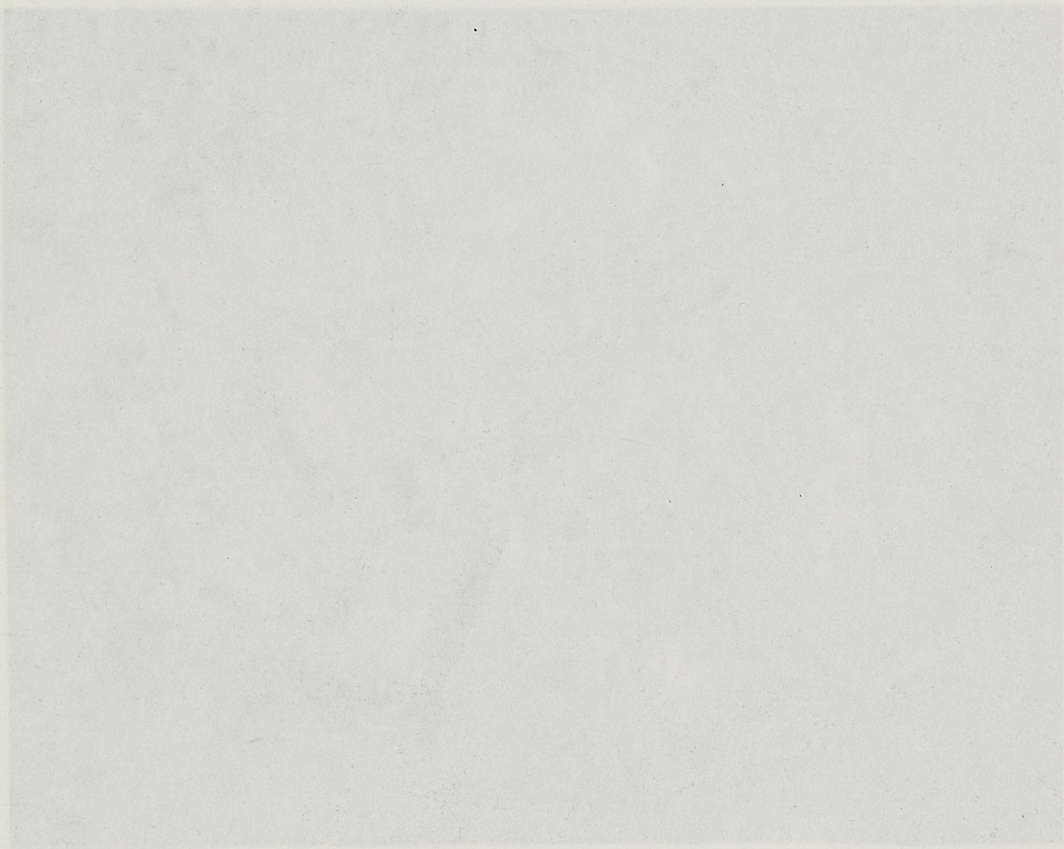
$\varphi = 1,8 \varphi_r$  de 40 % du temps soit environ 5 mois par an.

Ces résultats mettent bien en évidence à travers la valeur de  $\varphi$  la durée annuelle de gêne à laquelle il faut s'attendre en un lieu donné d'un plan-masse, compte tenu de l'anomalie qui y règne.



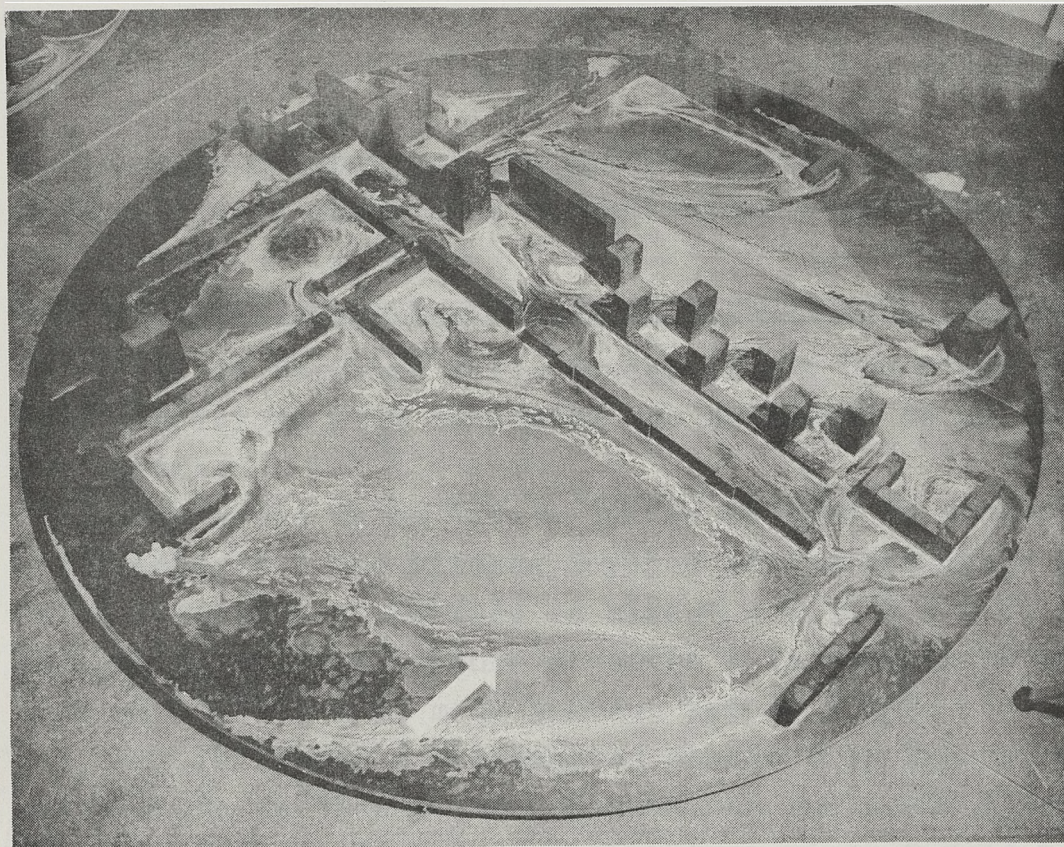
LE MIRAIL TOULOUSAIN

LE MIRAIL TOULOUSAIN (I)

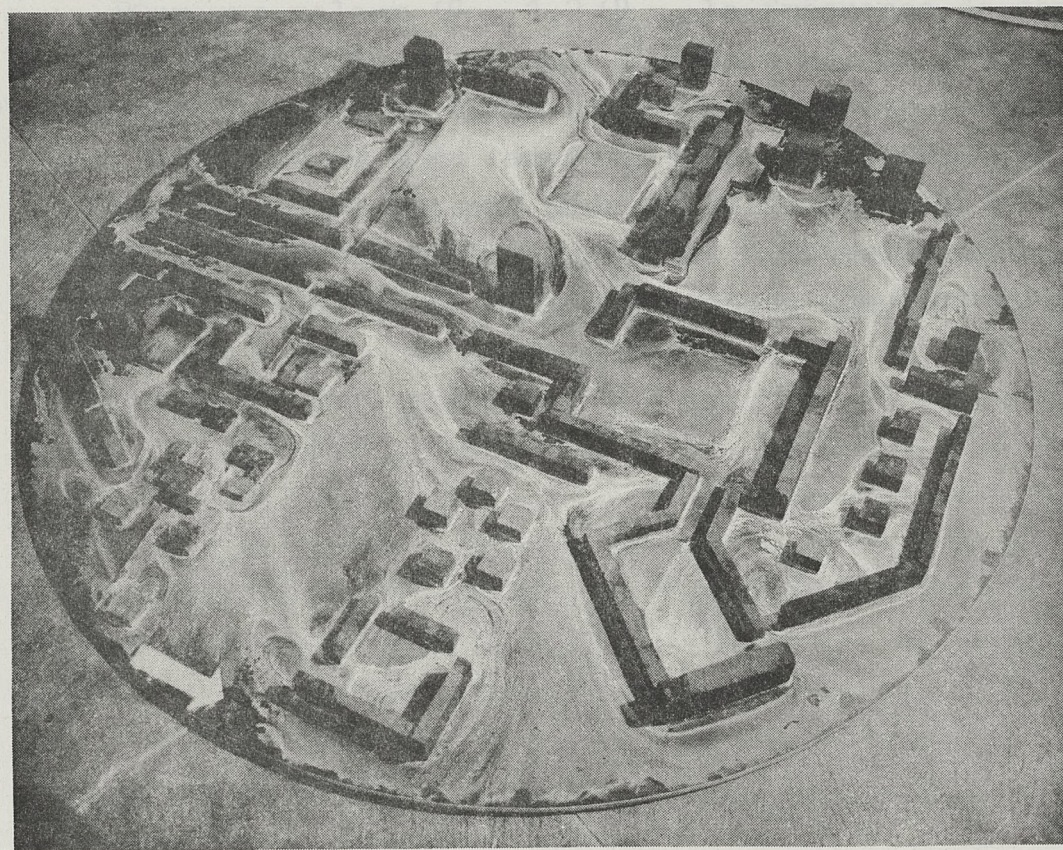


CHATEAU DE REZE, NANTES

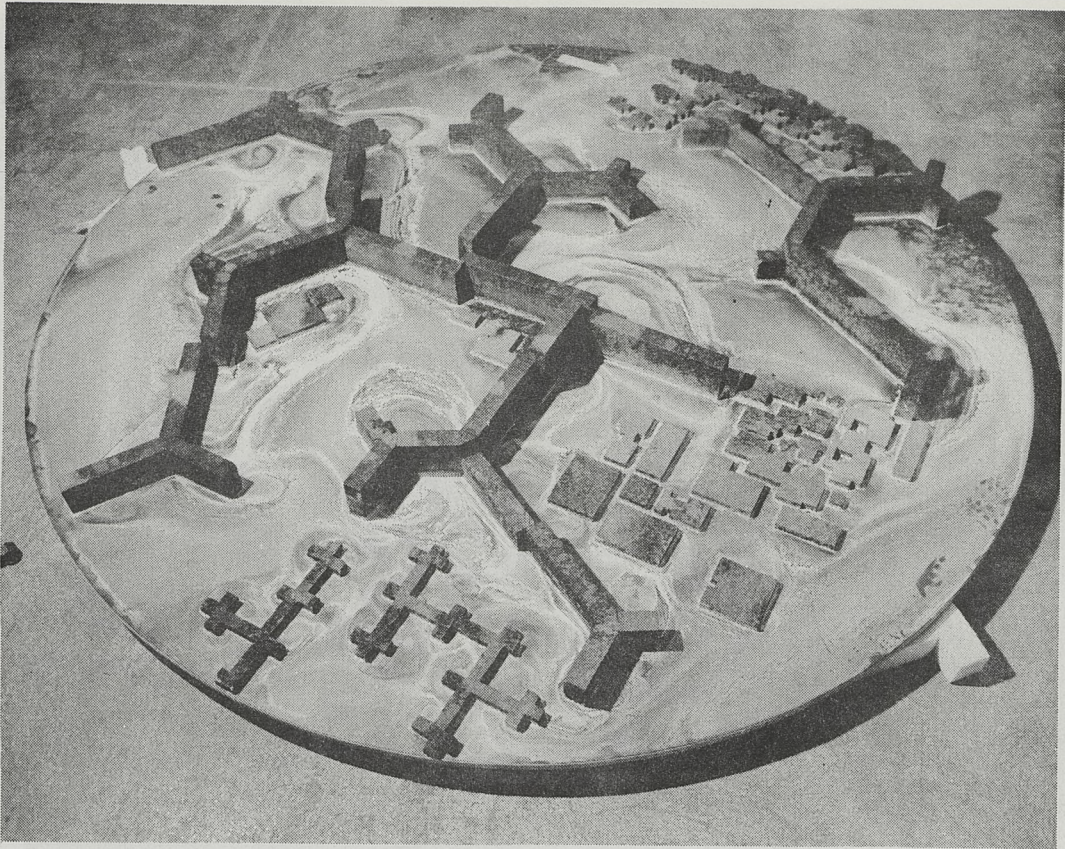
CHATEAU DE REZE (II)



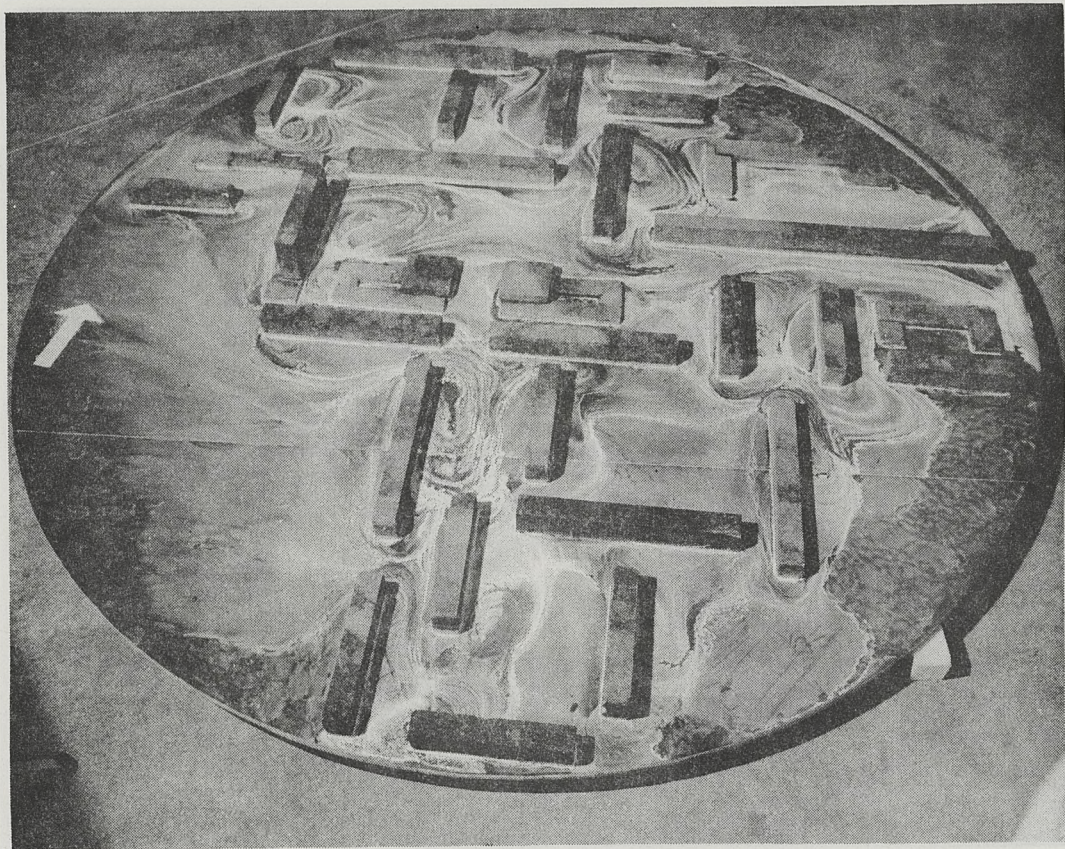
Z U P , MONTEREAU ( I )



Z U P , MONTEREAU ( II )



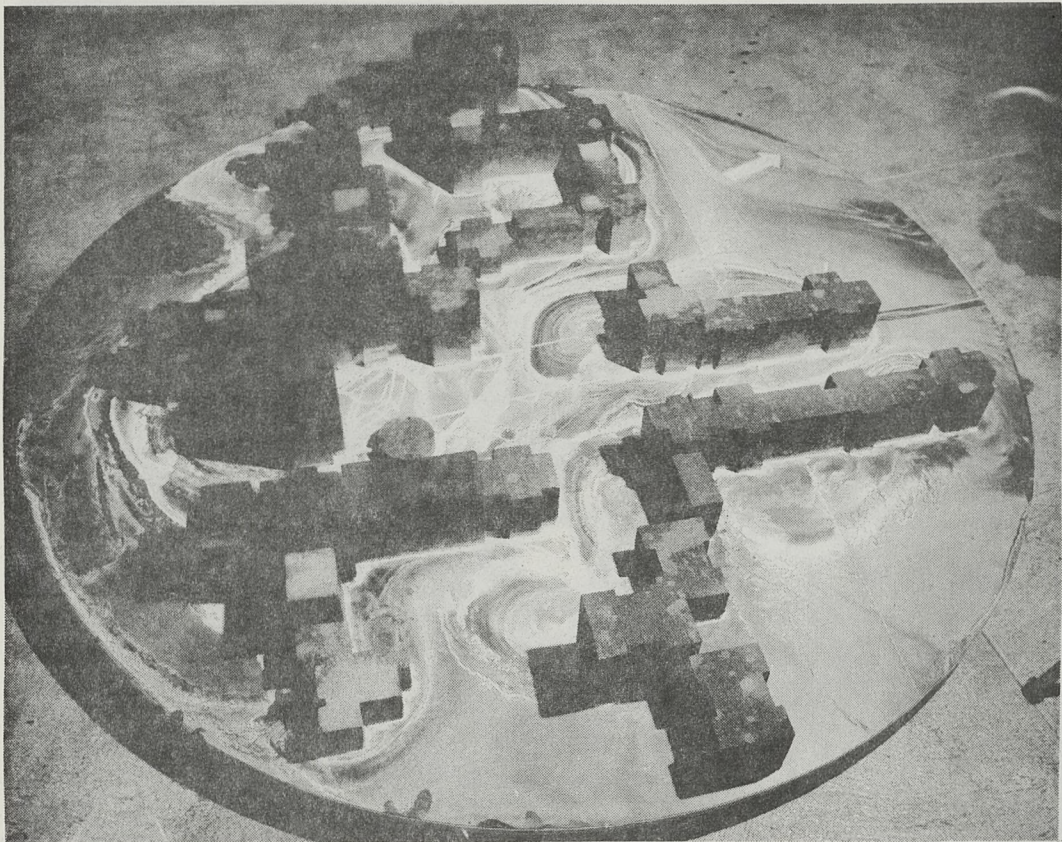
LE MIRAIL, TOULOUSE



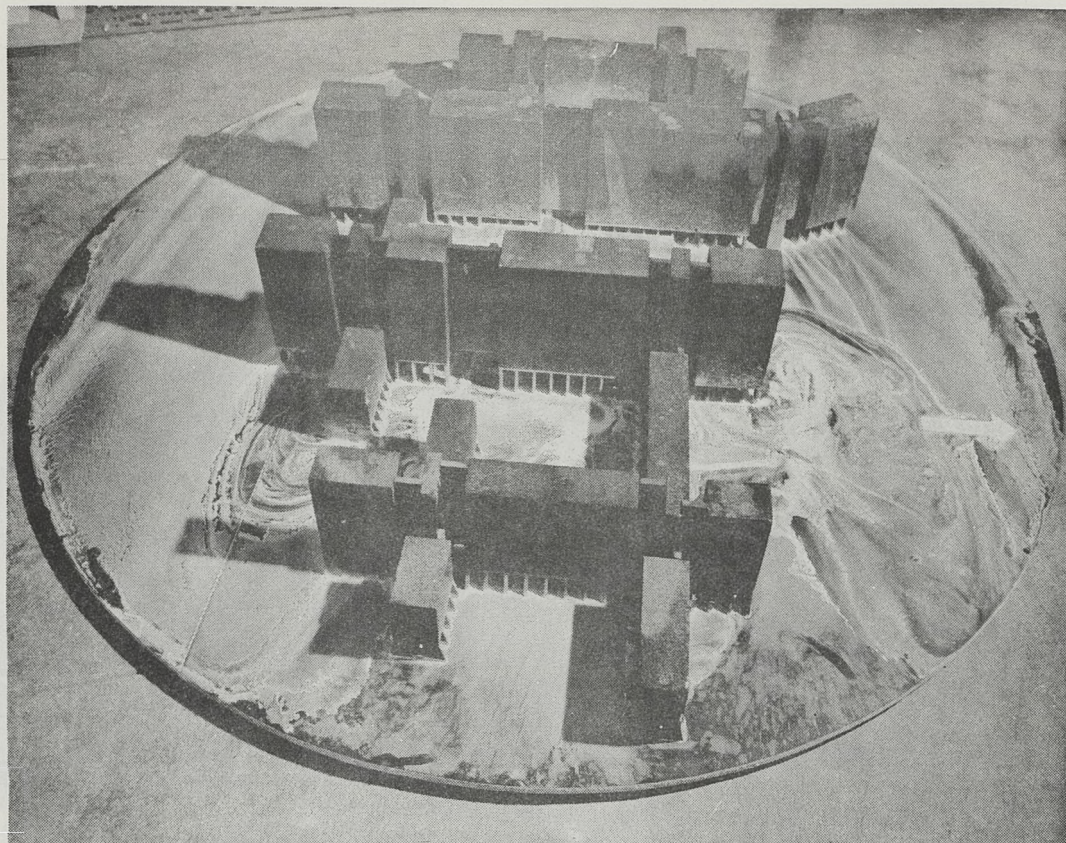
CHATEAU DE REZE, NANTES



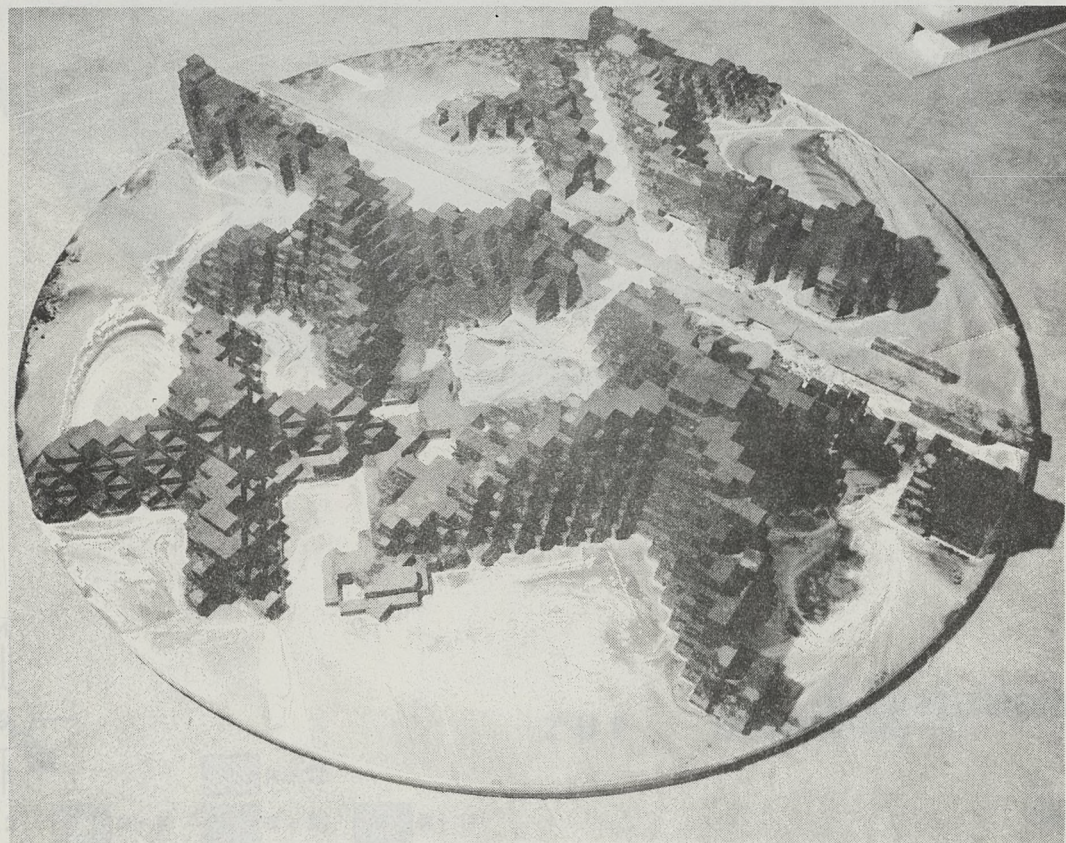
GRIGNY, REG. PARISIENNE



MAISONS ALFORT, REG. PARISIENNE

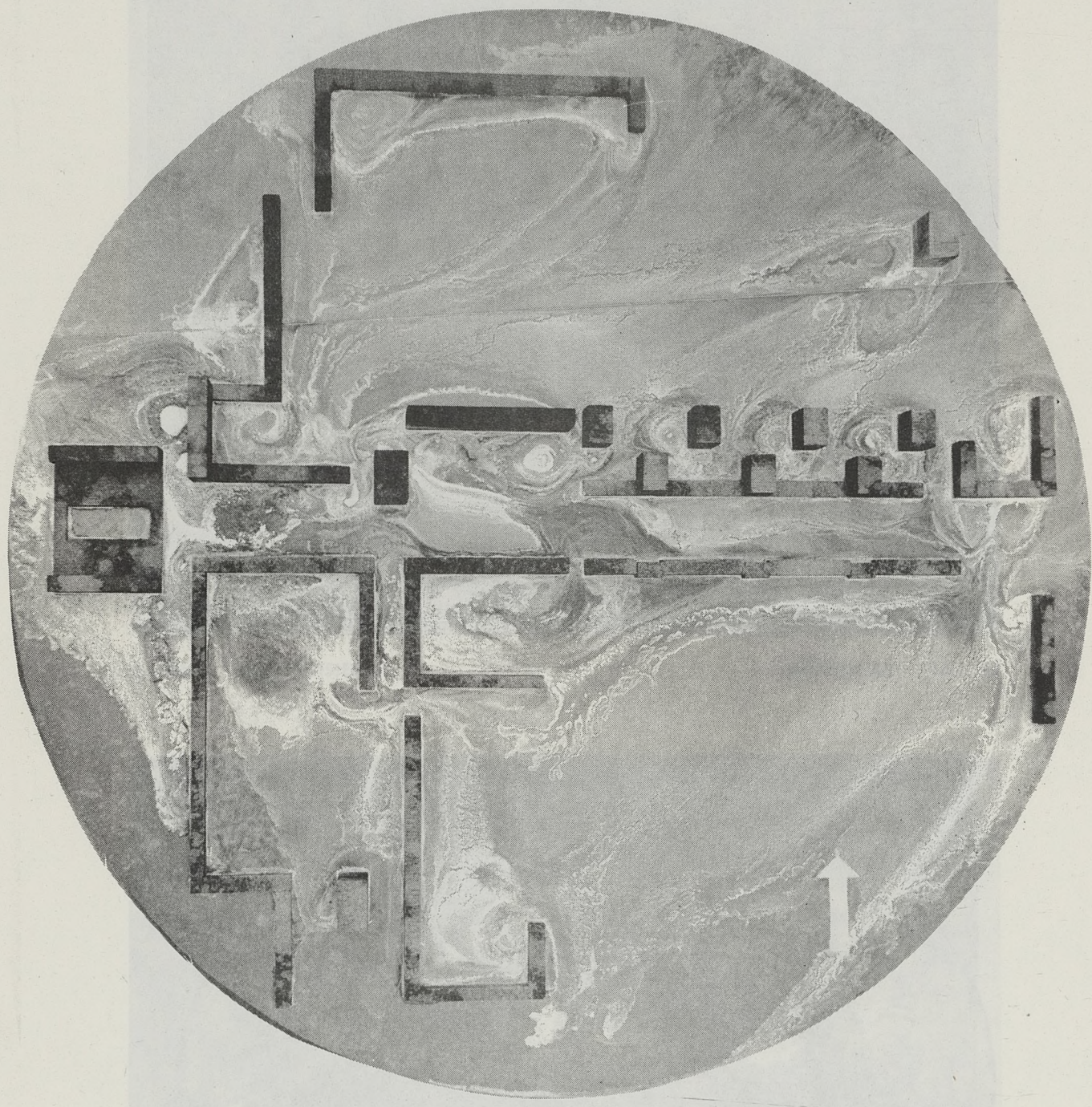


LE LAC, BORDEAUX

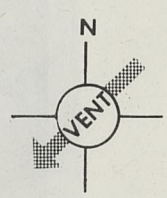


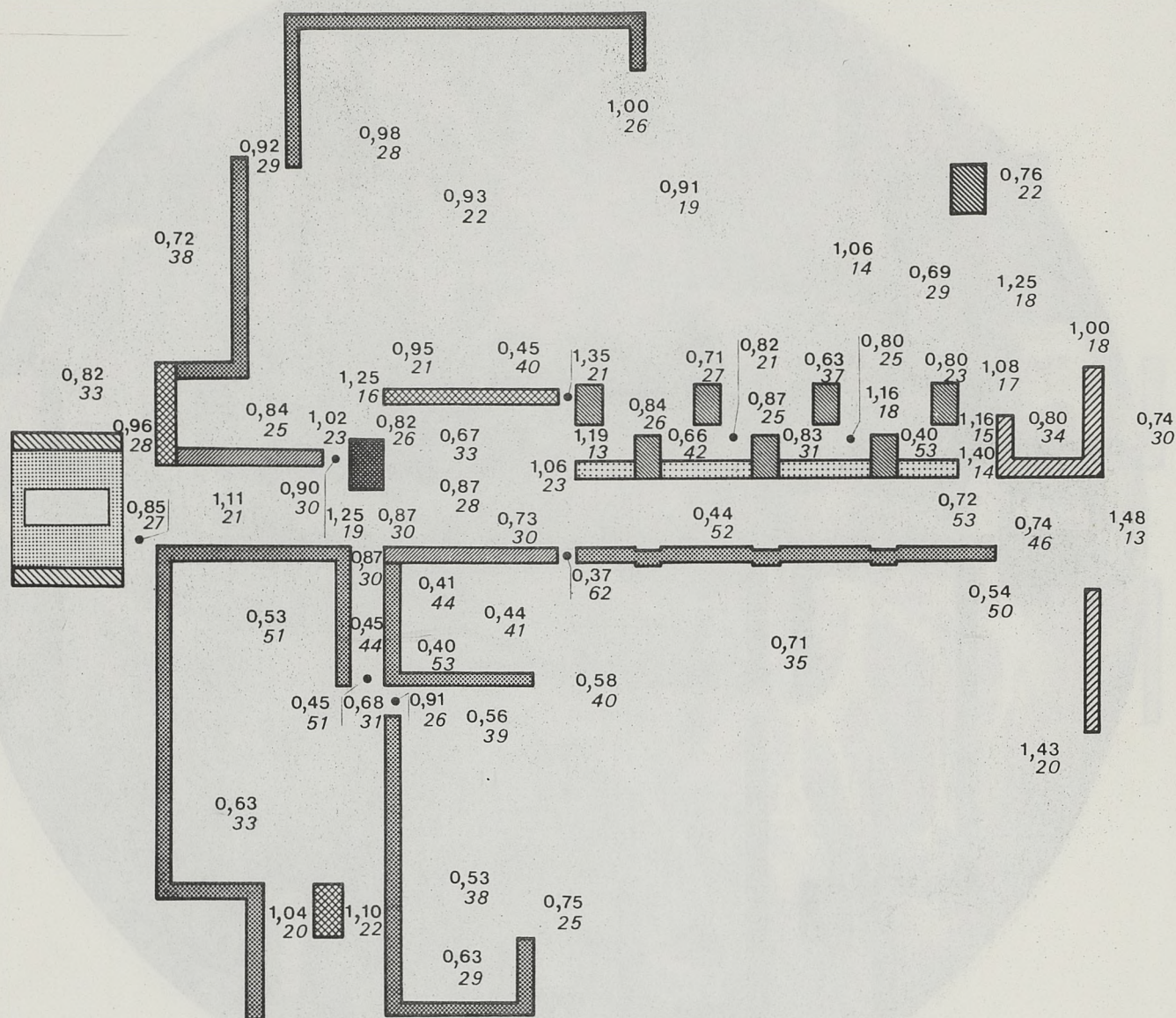
EVRY, REG. PARISIENNE















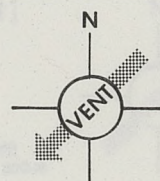
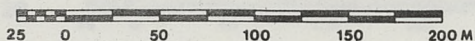
Z U P, MONTEREAU (I)

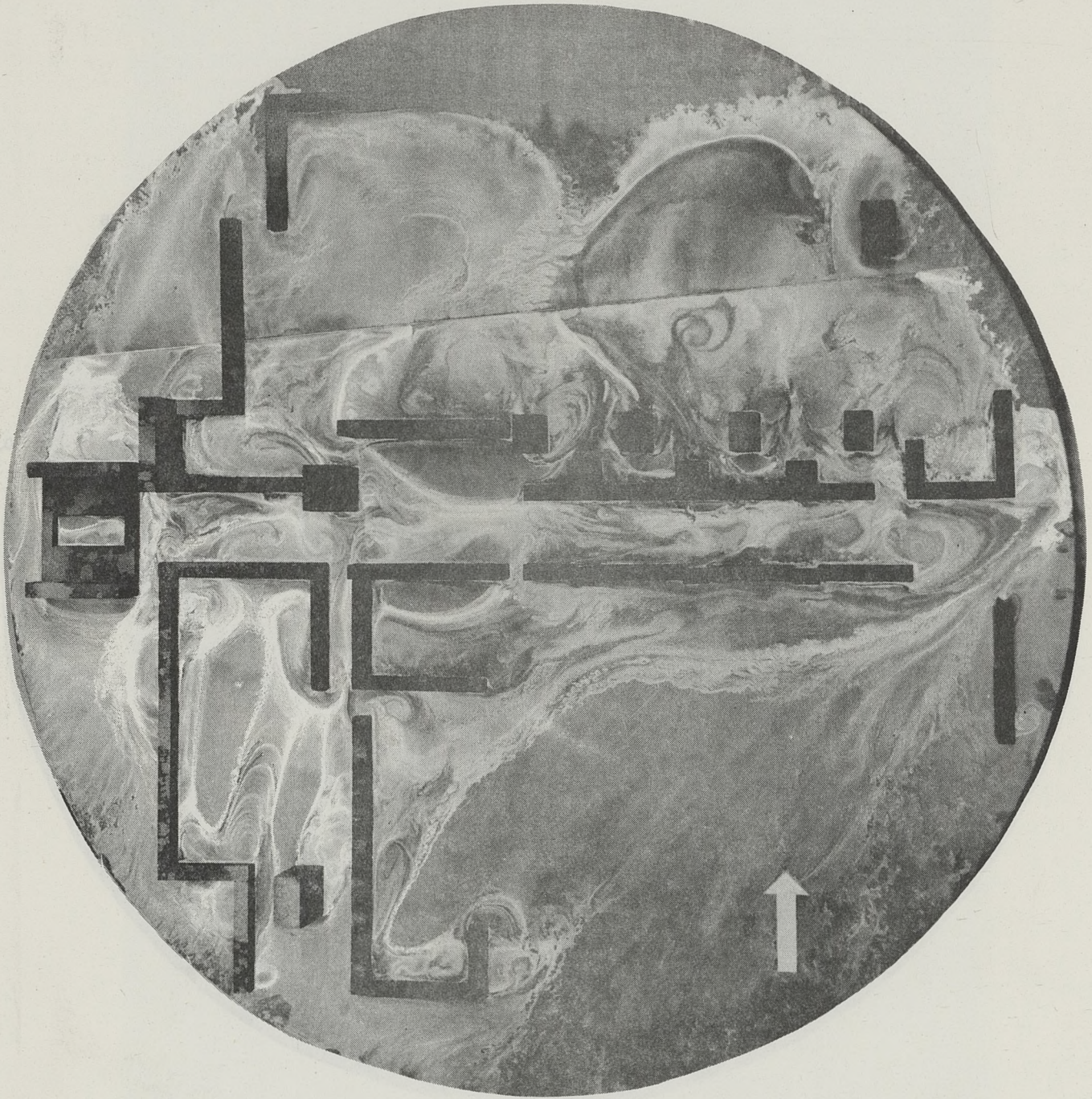




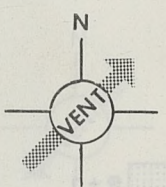
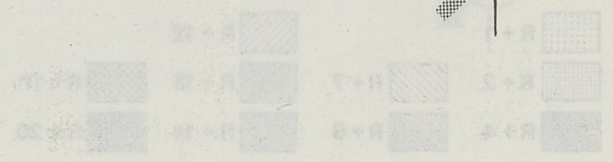
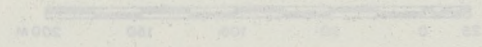
Z U P MONTEREAU (I)

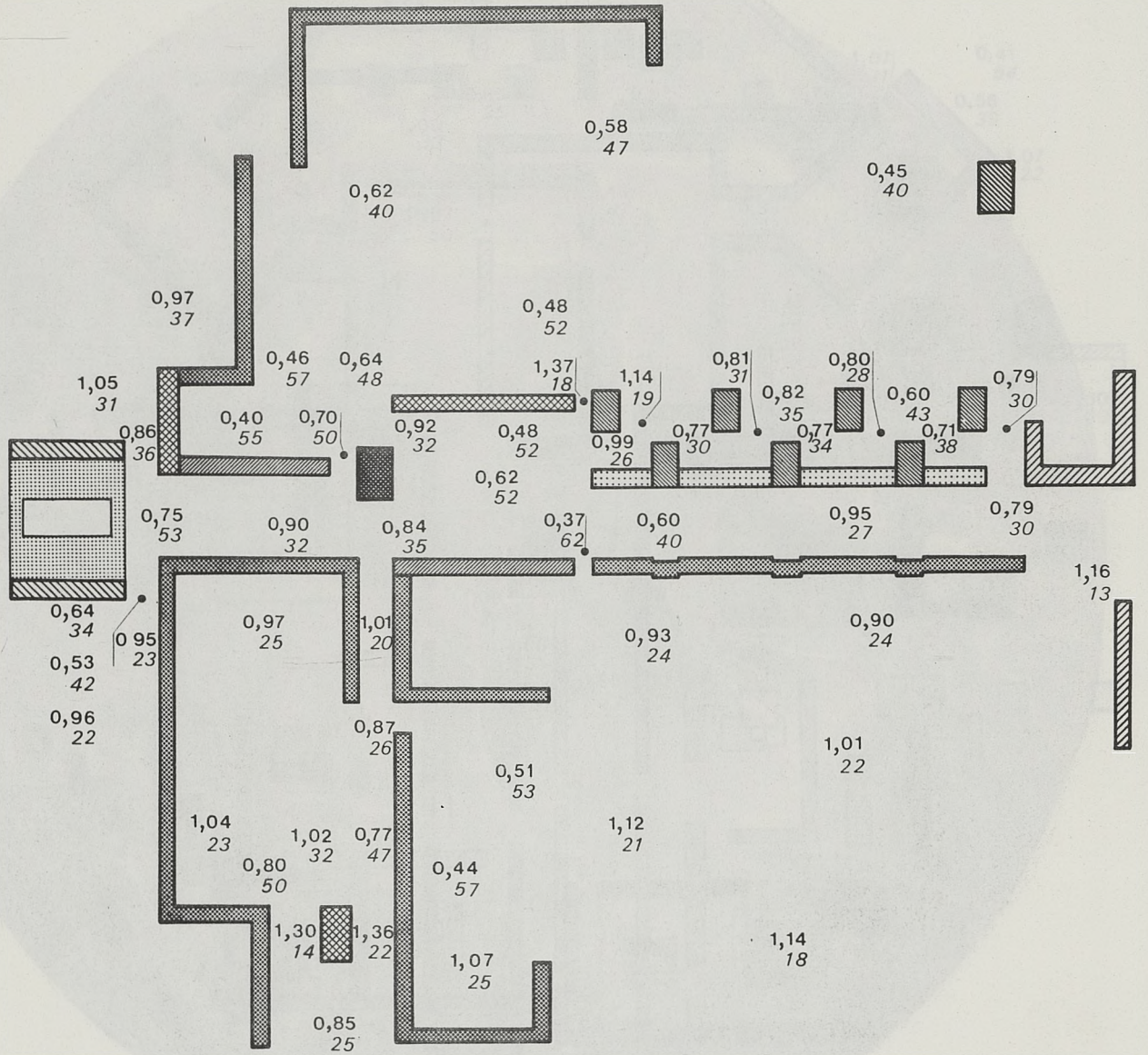
- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  R + 1 |  R + 7 |  R + 12 |  R + 17 |
|  R + 2 |  R + 8 |  R + 13 |  R + 20 |
|  R + 4 |   |  R + 14 |  |















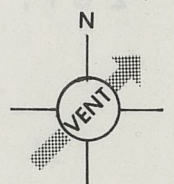
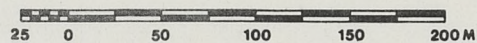
Z U P, MONTEREAU (I)

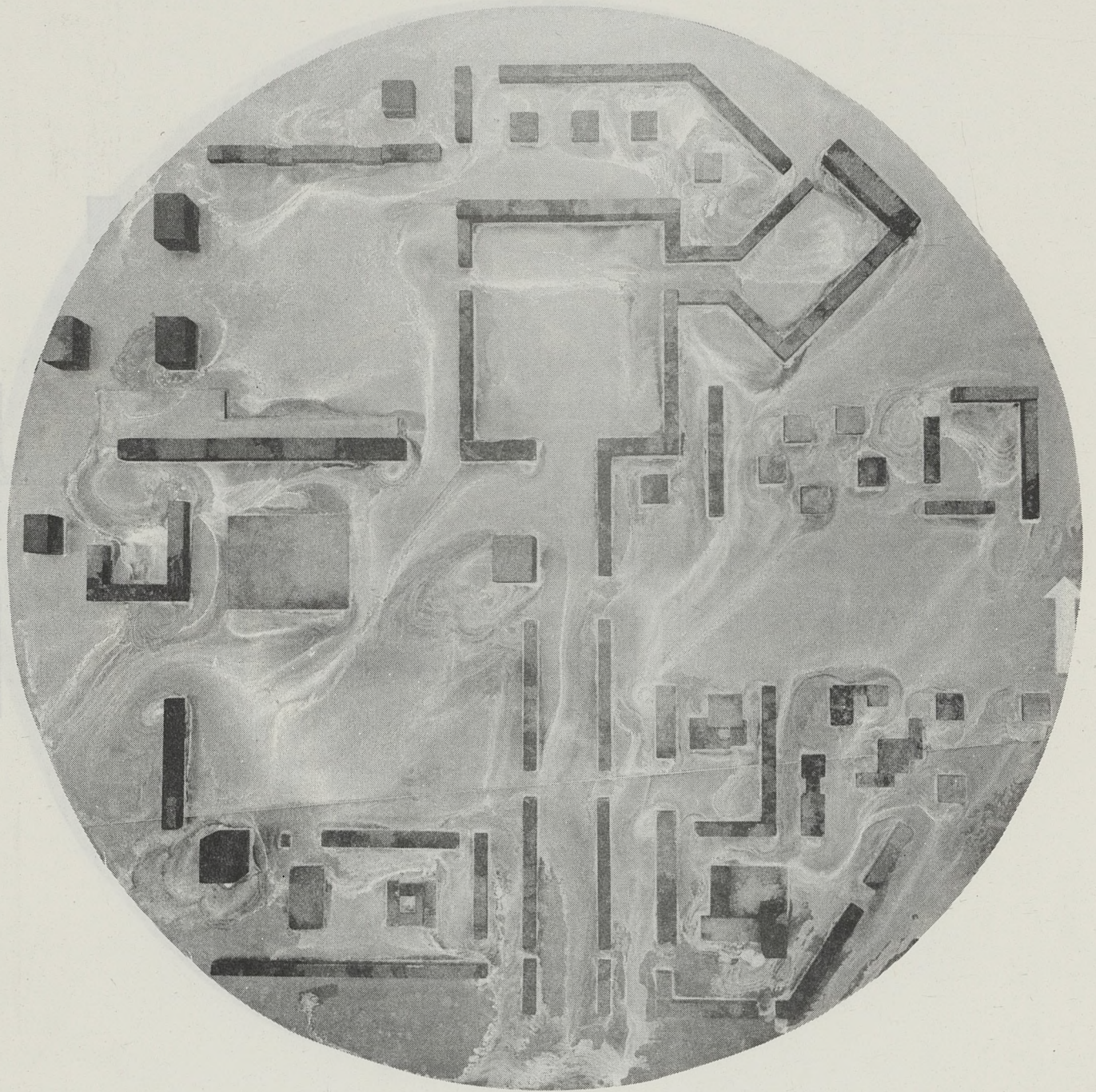




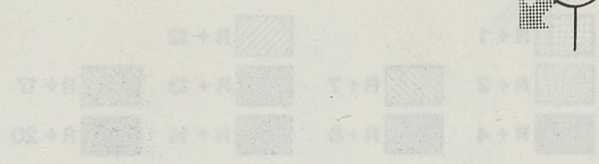
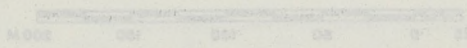
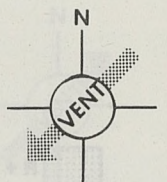
Z U P MONTREAU (I)

- |   |  |  |
|---|--|--|
|  R+1 |  R+7  |  R+12 |
|  R+2 |  R+8  |  R+13 |
|  R+4 |  R+14 |  R+17 |
|   |  |  R+20 |

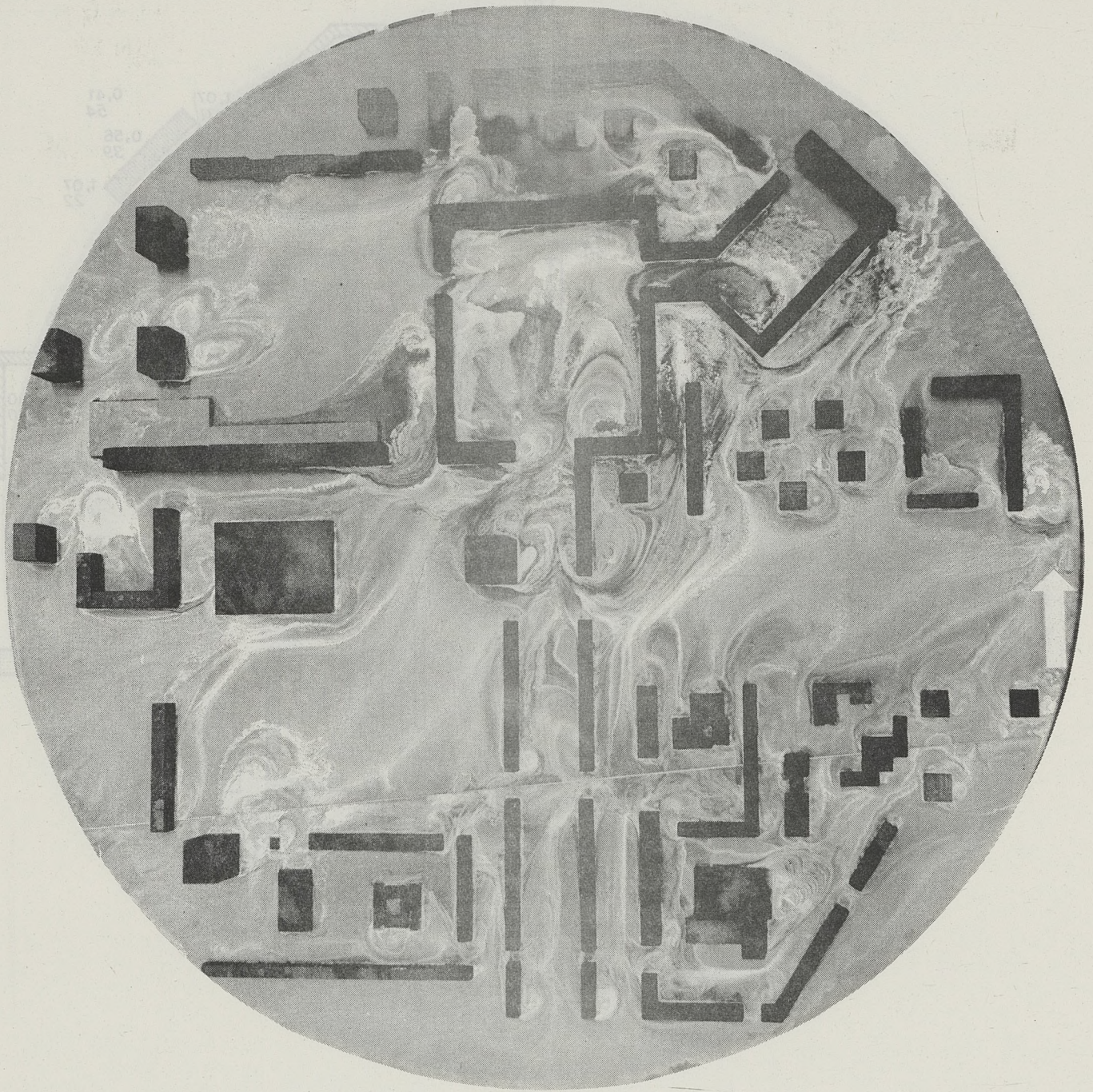




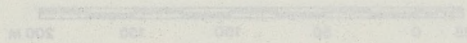
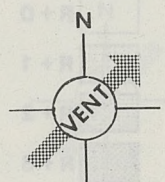
Z U P, MONTEREAU (II)







Z U P, MONTEREAU (II)

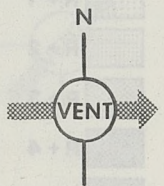


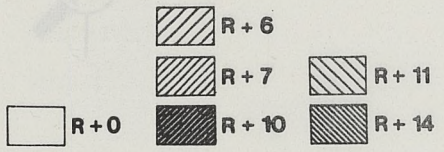
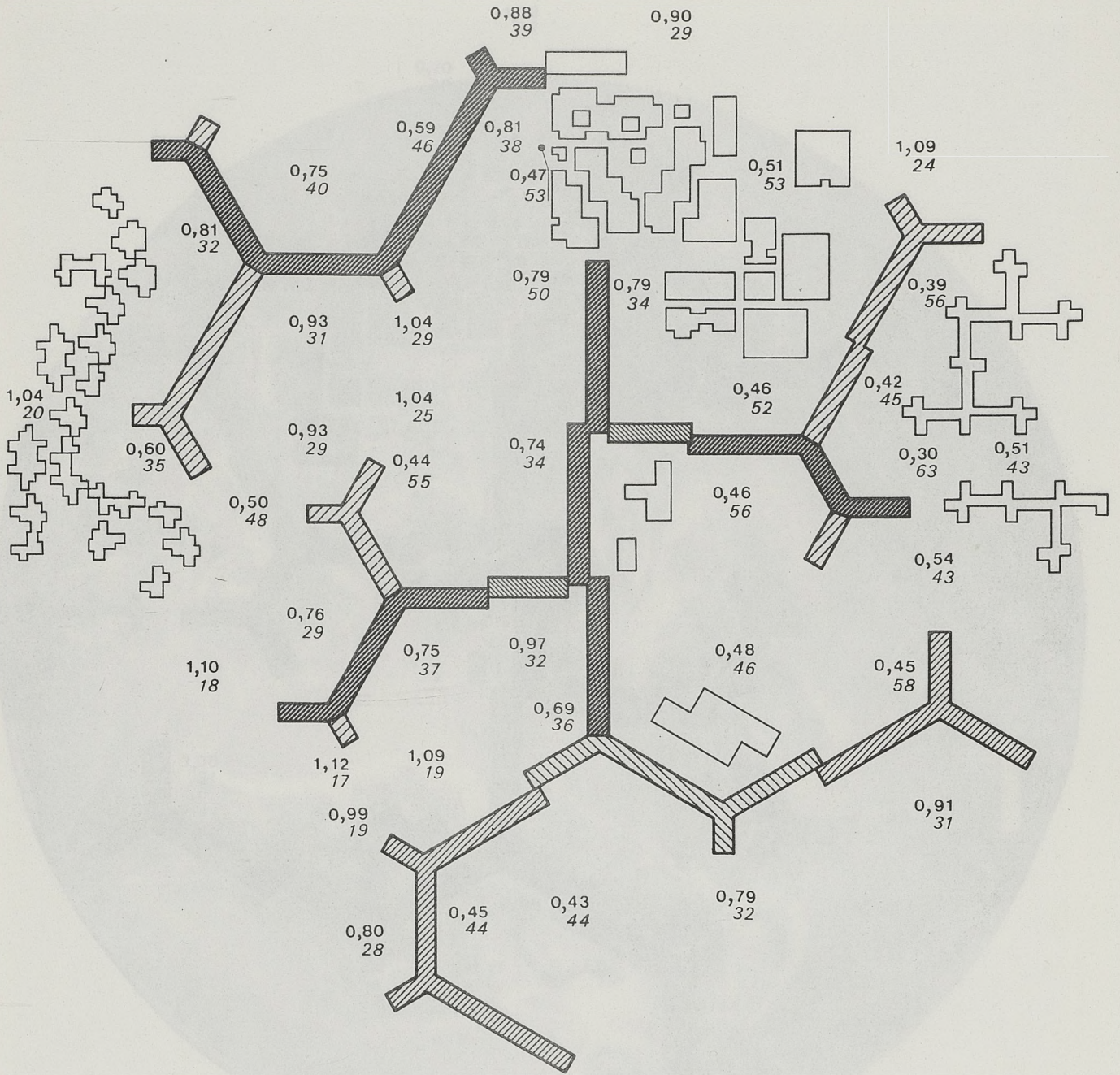




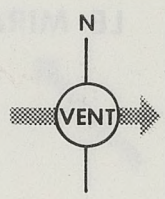
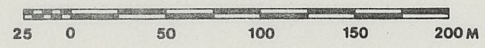


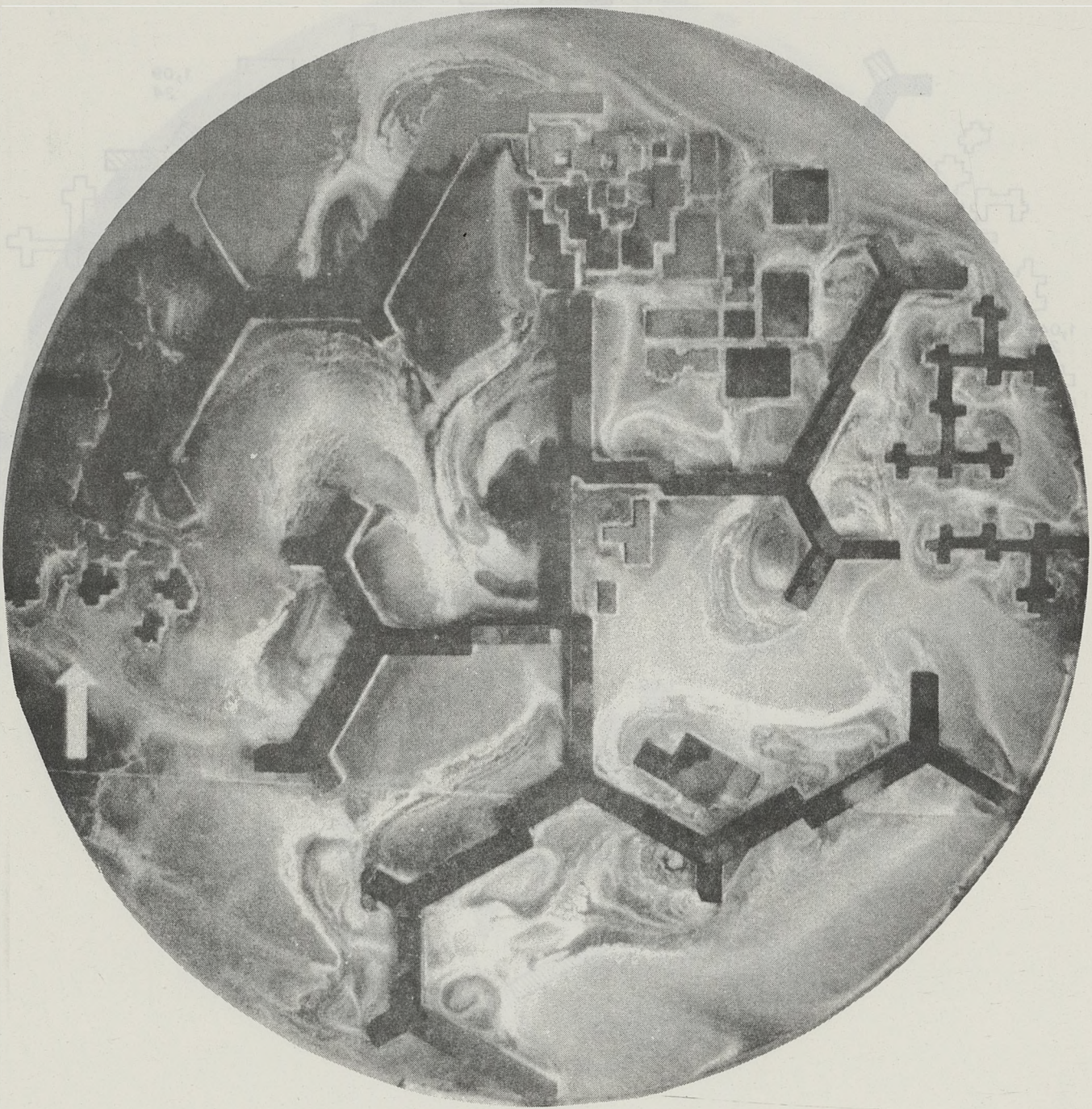
LE MIRAIL, TOULOUSE



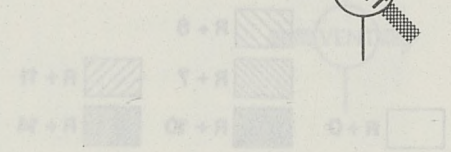
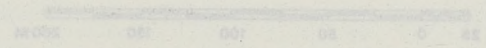
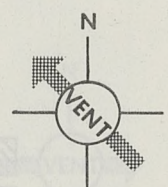


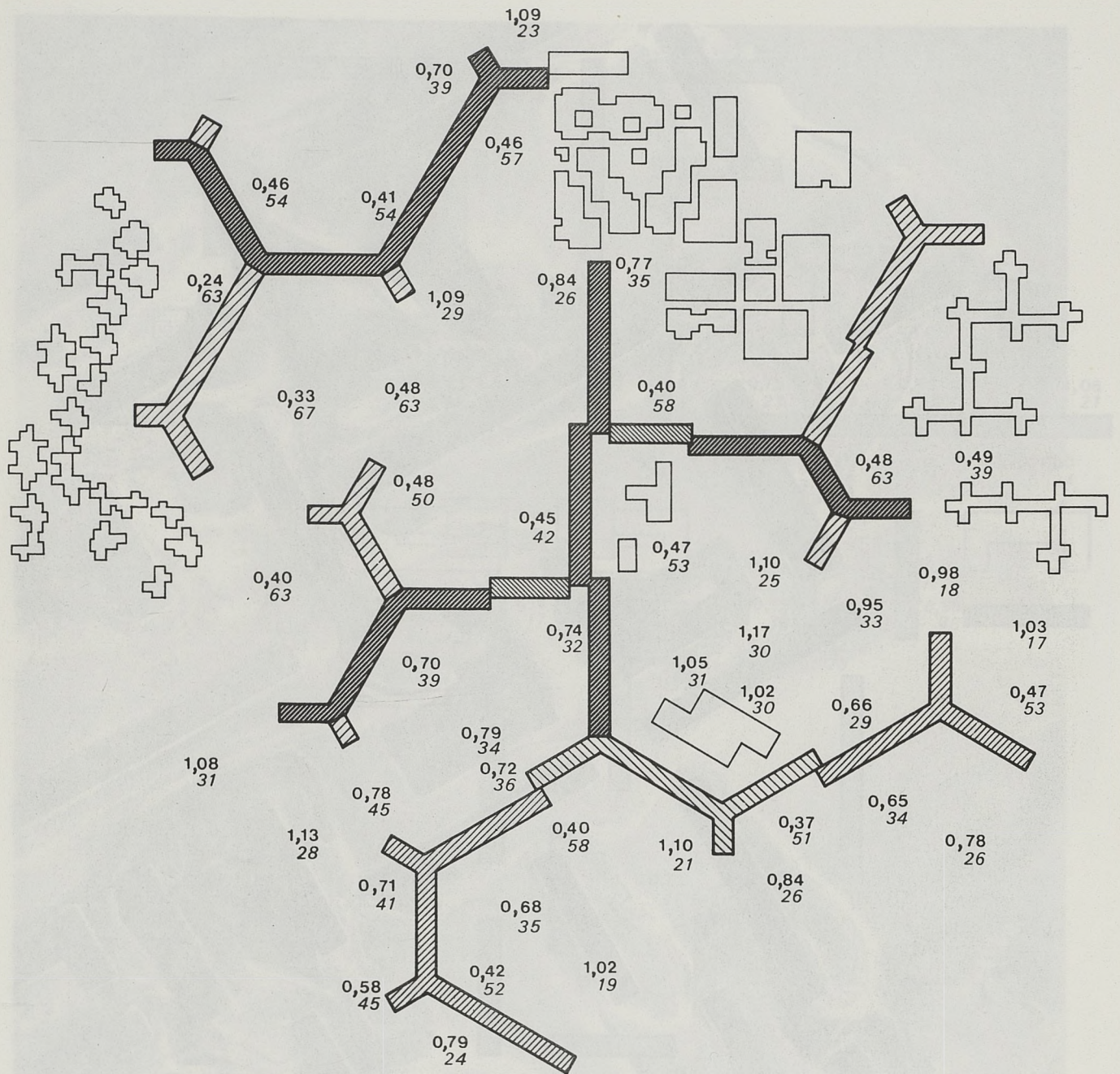
LE MIRAIL TOULOUSE



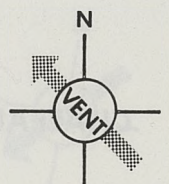
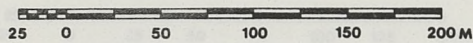
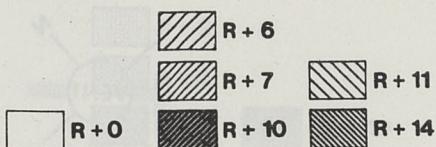


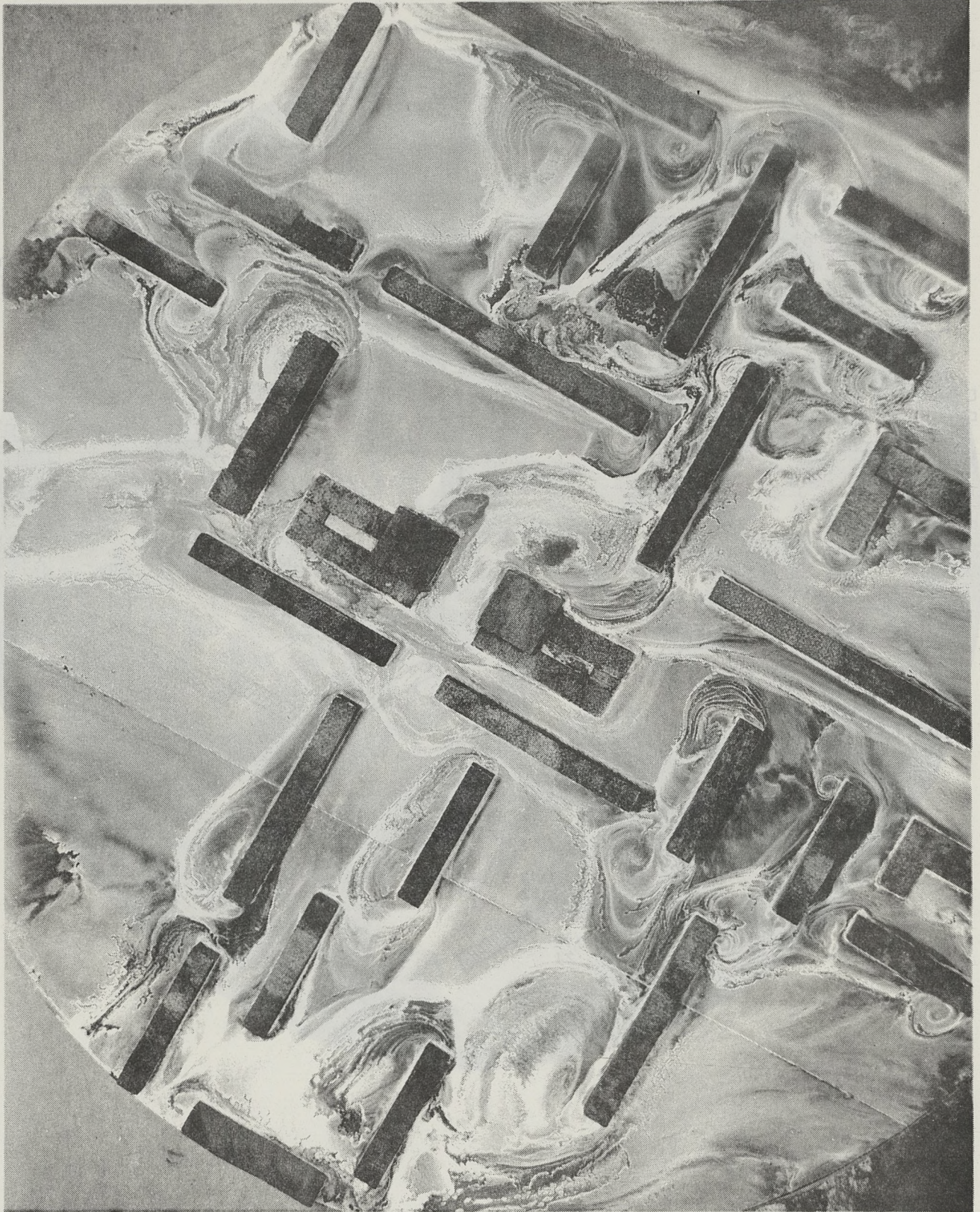
LE MIRAIL, TOULOUSE





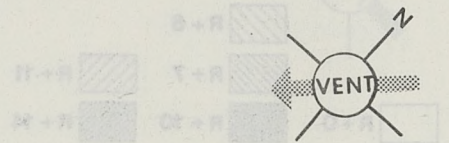
LE MIRAIL TOULOUSE

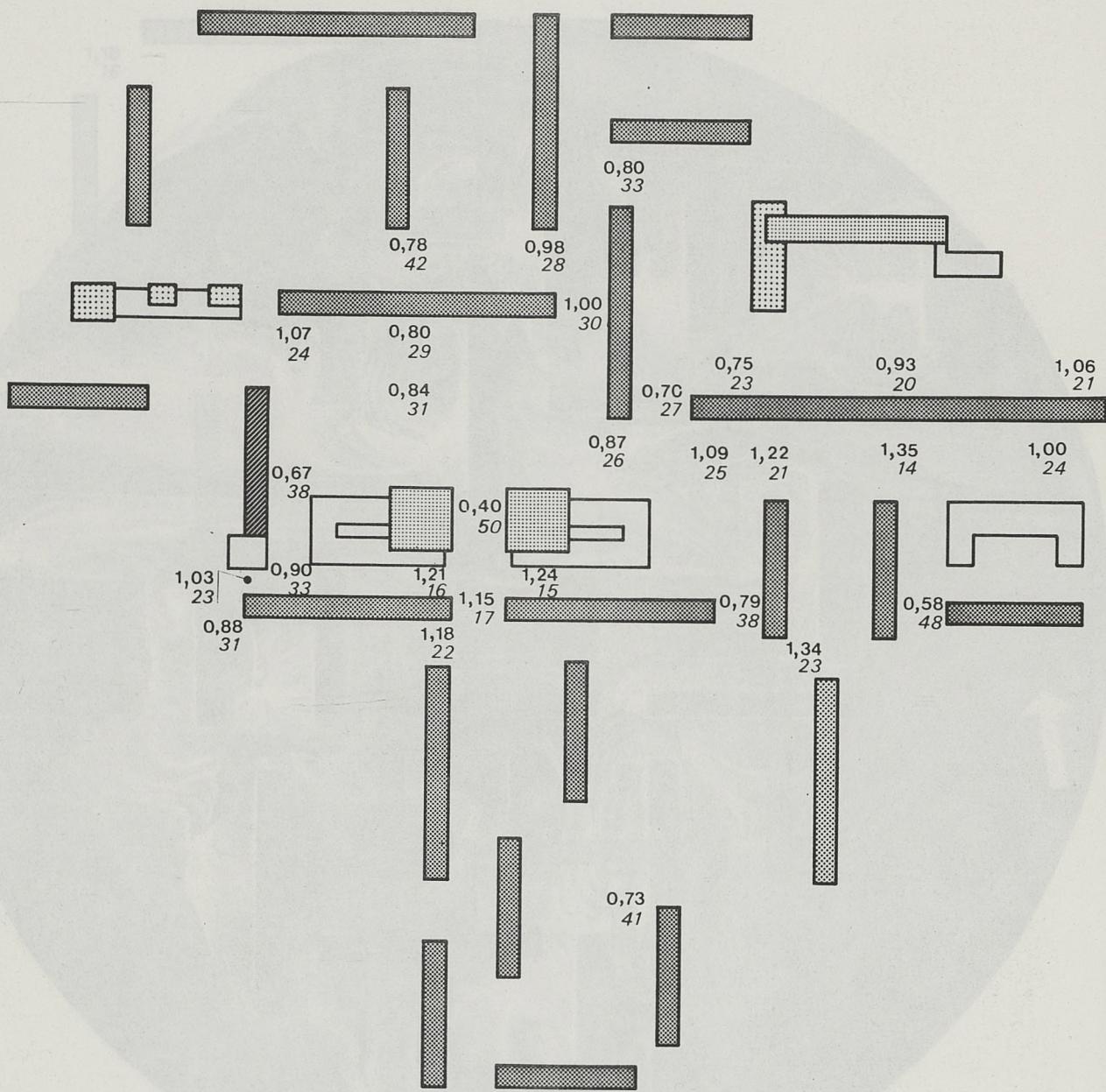










CHATEAU DE REZE, NANTES

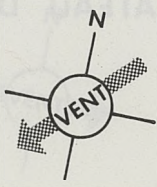
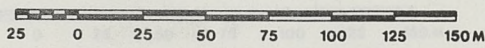
0 20 40 60 80 100

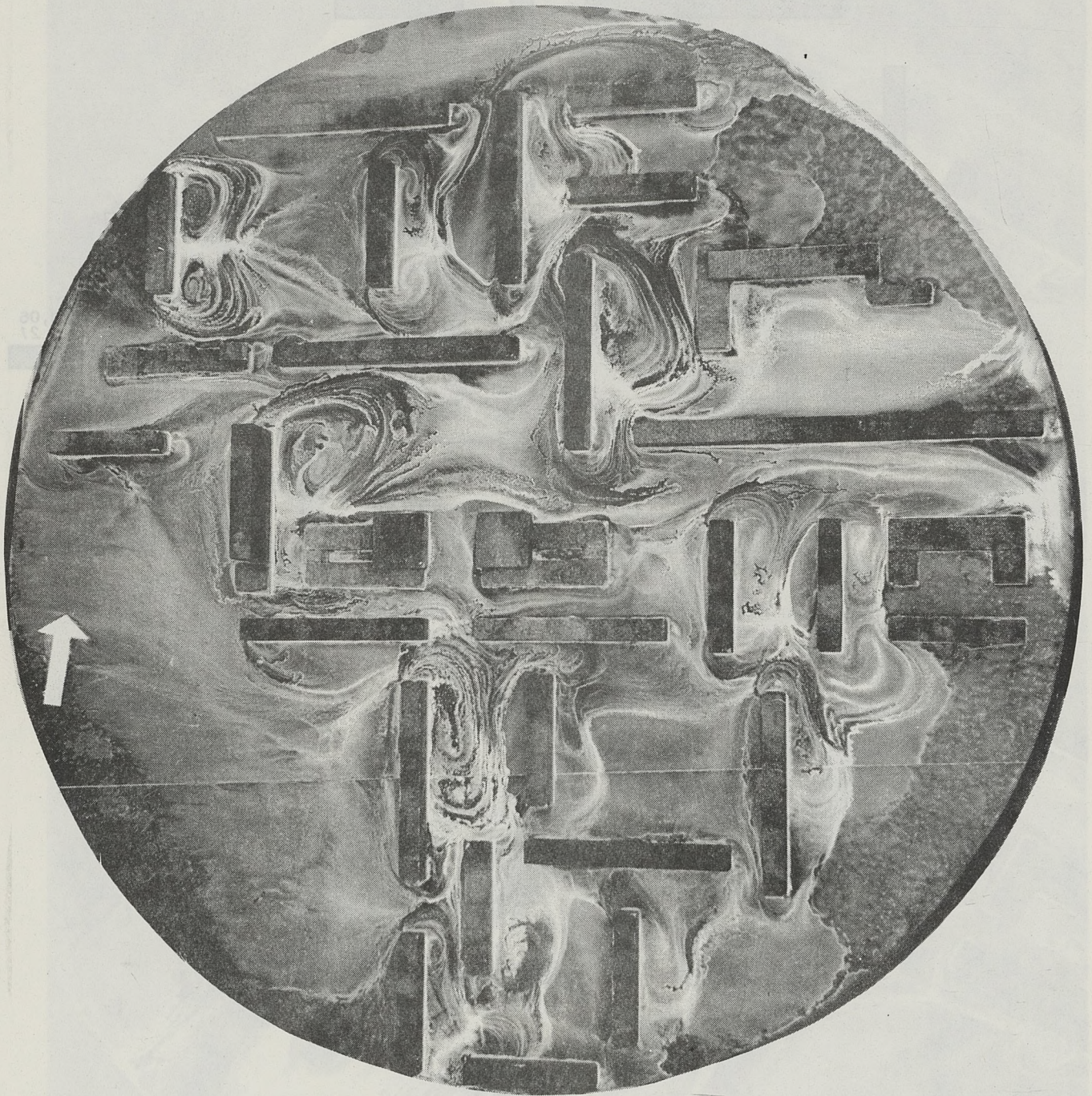




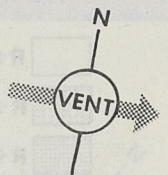
-  R+0
-  R+1
-  R+2
-  R+3
-  R+4
-  R+10

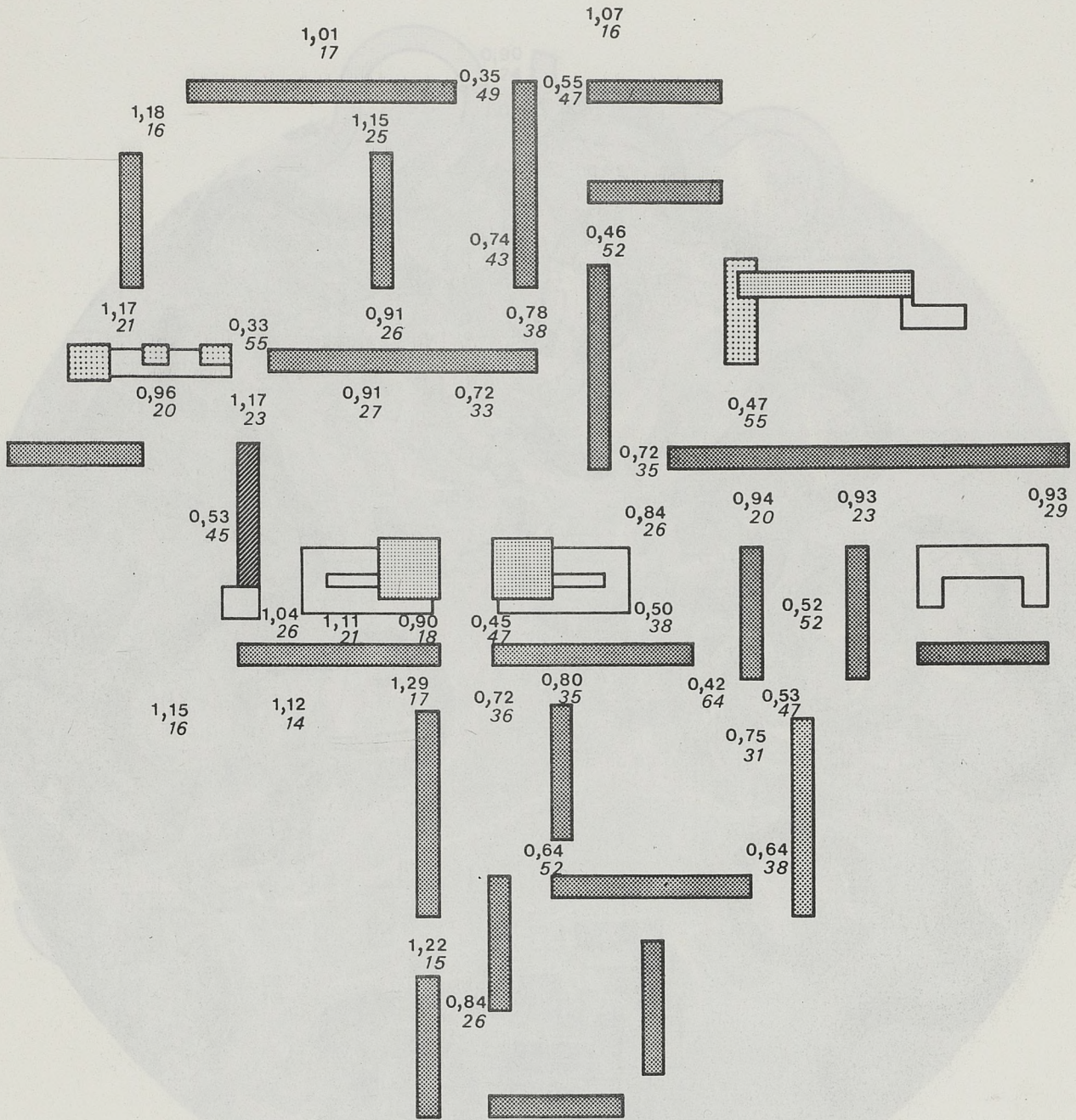
### CHATEAU DE REZE NANTES











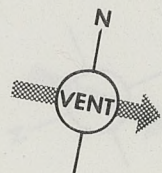
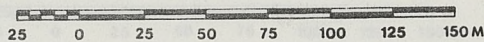
CHATEAU DE REZE , NANTES





-  R+0
-  R+1
-  R+2
-  R+3
-  R+4
-  R+10

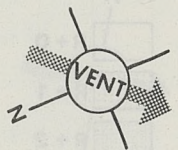
CHATEAU DE REZE NANTES

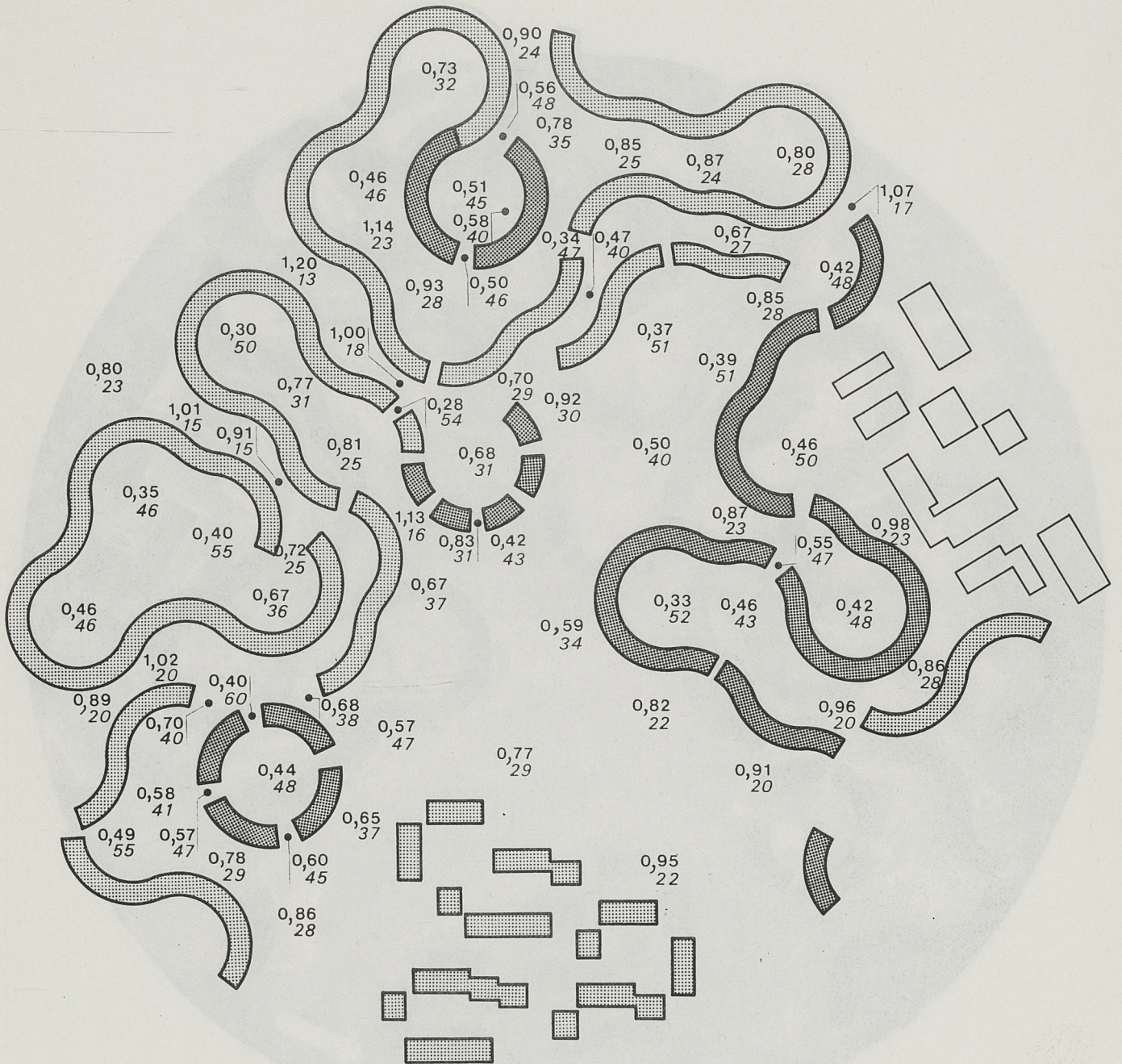









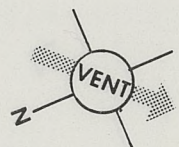
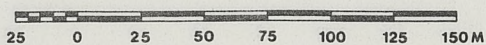
GRIGNY, REG. PARISIENNE





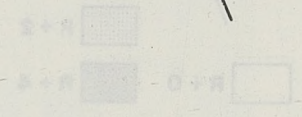
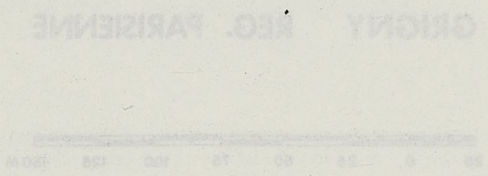
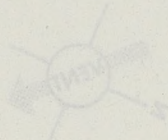
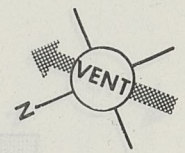
GRIGNY REG. PARISIENNE

-  R + 2
-  R + 0
-  R + 4



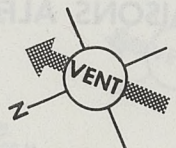
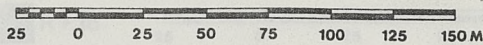
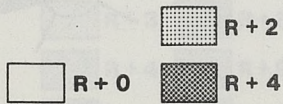


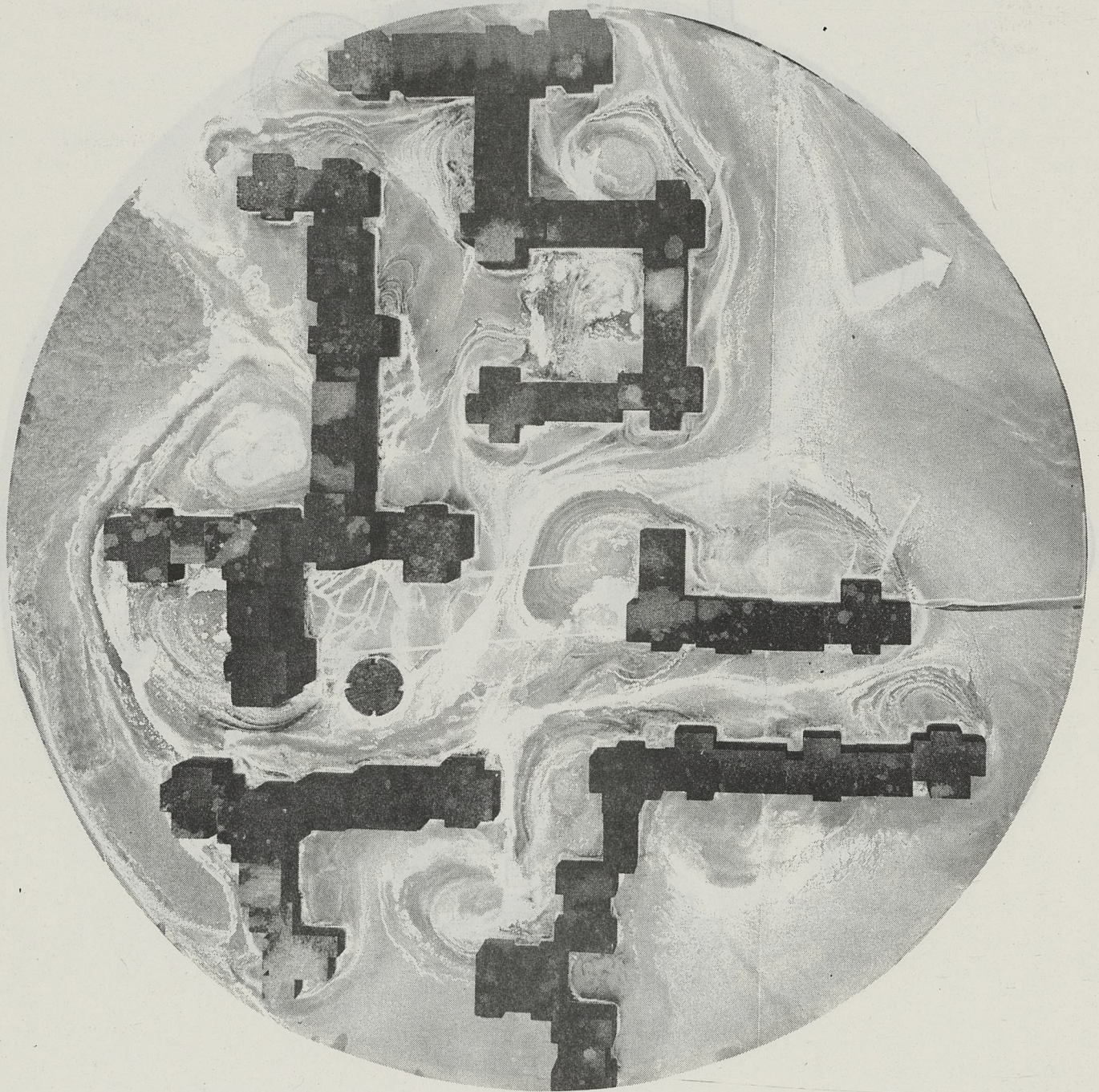
GRIGNY, REG. PARISIENNE





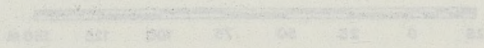
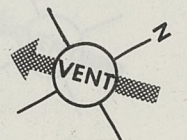
GRIGNY REG. PARISIENNE

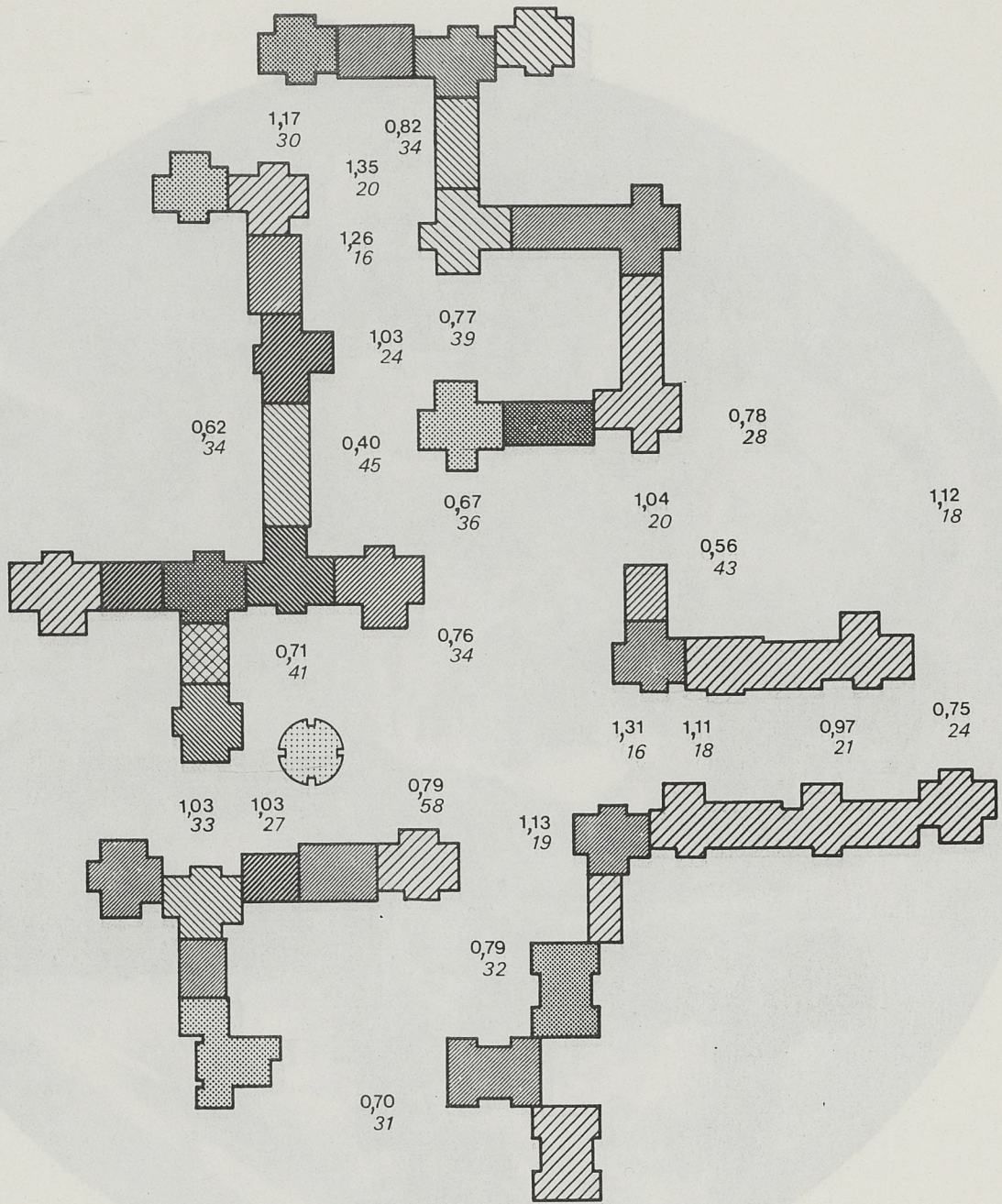




GRIGNY, REG. PARISIENNE

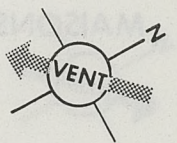
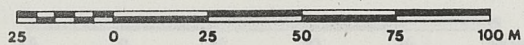
MAISONS ALFORT, REG. PARISIENNE





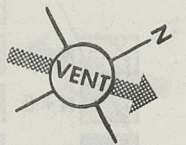
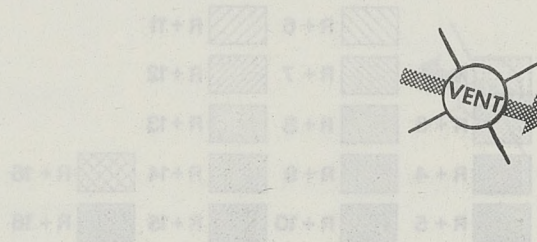
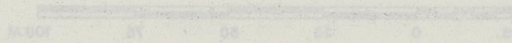
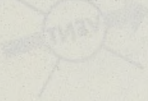
|  |     |  |      |  |      |
|--|-----|--|------|--|------|
|  | R+1 |  | R+6  |  | R+11 |
|  | R+3 |  | R+7  |  | R+12 |
|  | R+4 |  | R+8  |  | R+13 |
|  | R+5 |  | R+9  |  | R+14 |
|  |     |  | R+10 |  | R+15 |
|  |     |  | R+16 |  | R+18 |

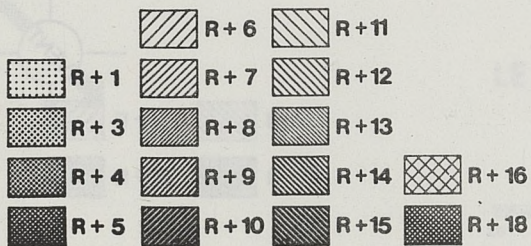
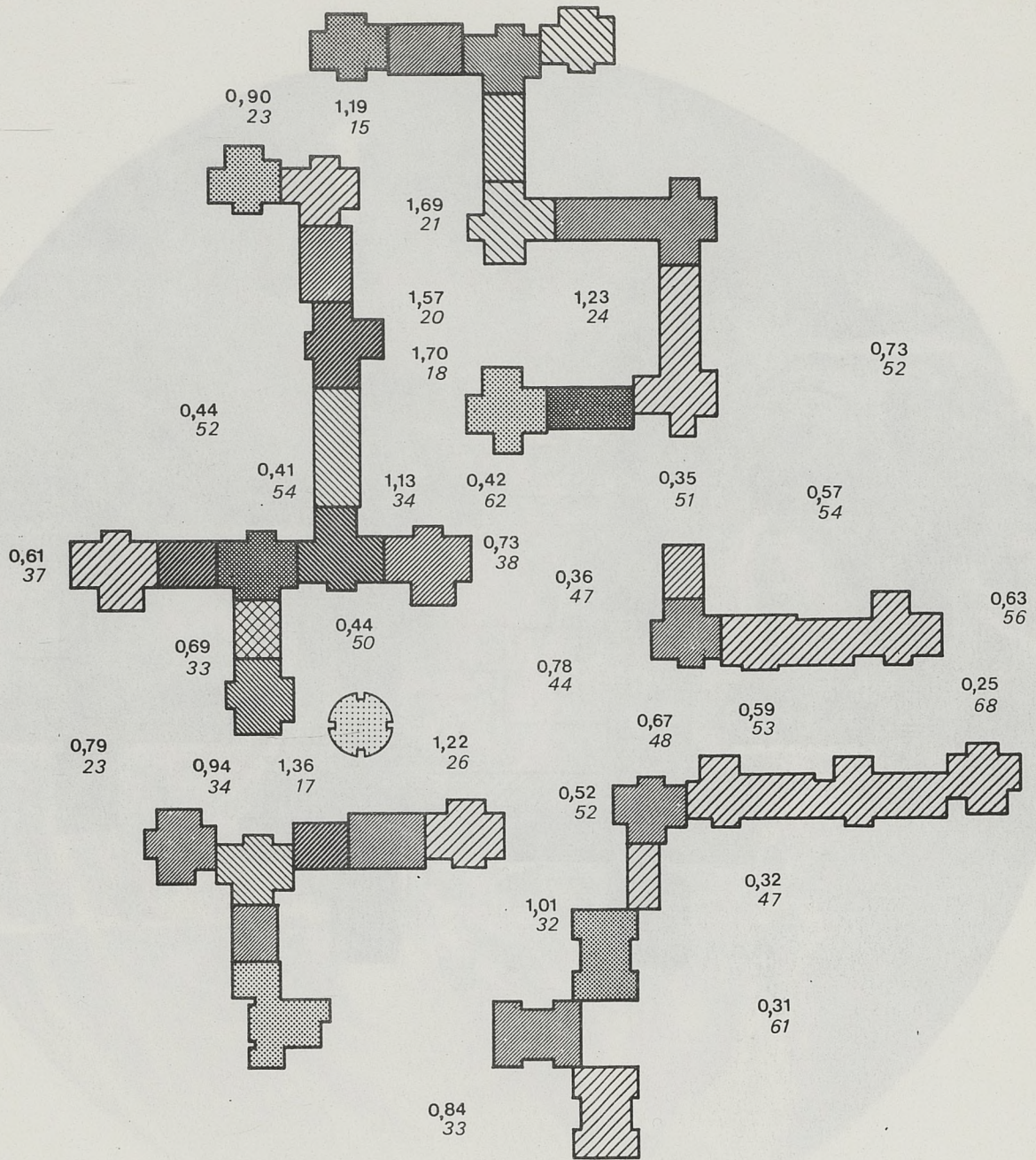
MAISONS ALFORT  
REG. PARISIENNE



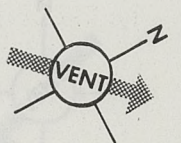
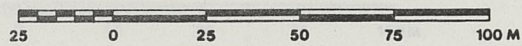


MAISONS ALFORT, REG. PARISIENNE

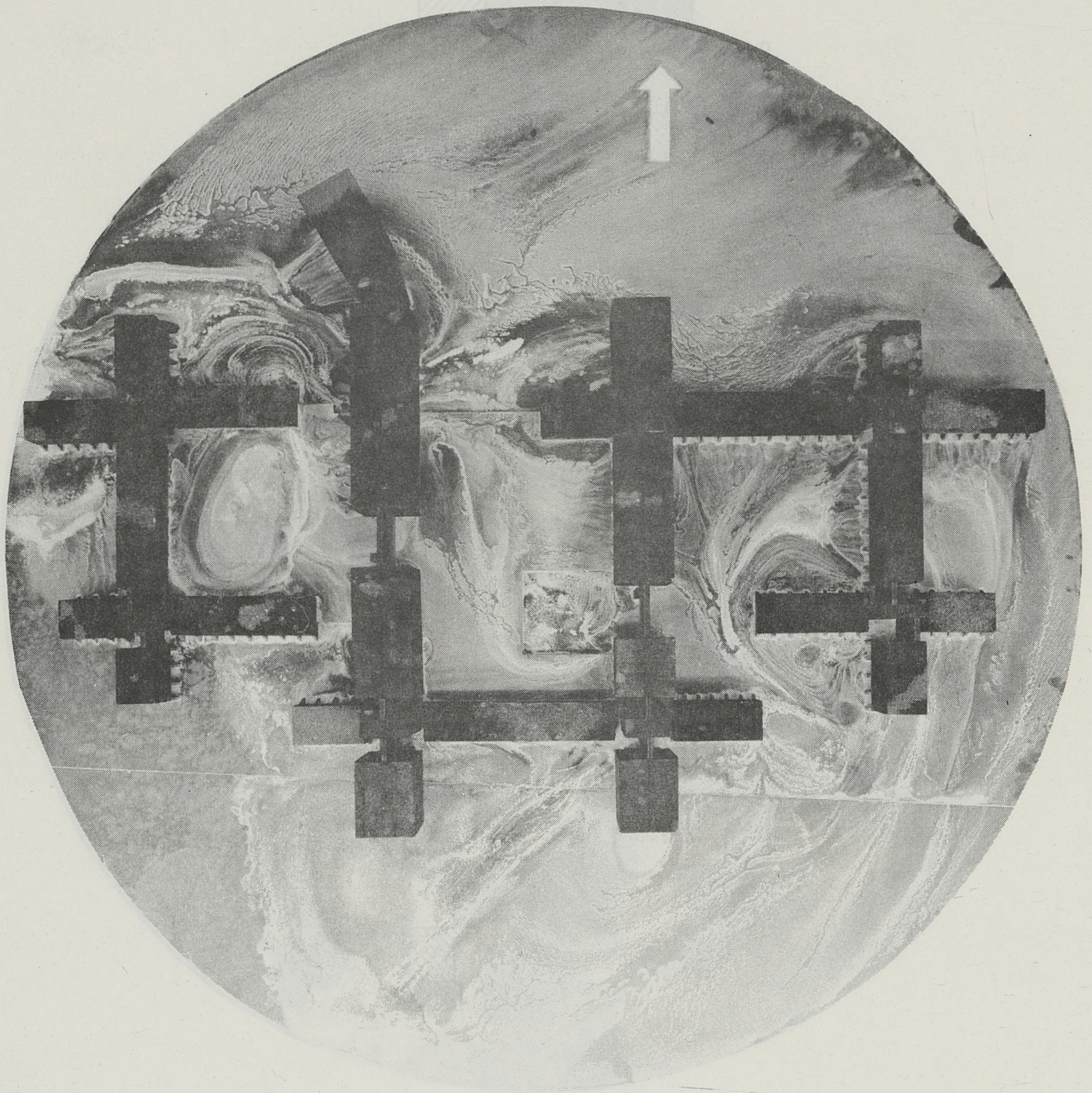




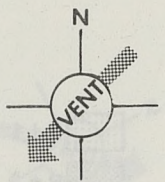
**MAISONS ALFORT  
REG. PARISIENNE**

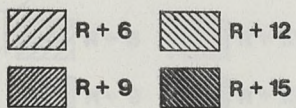
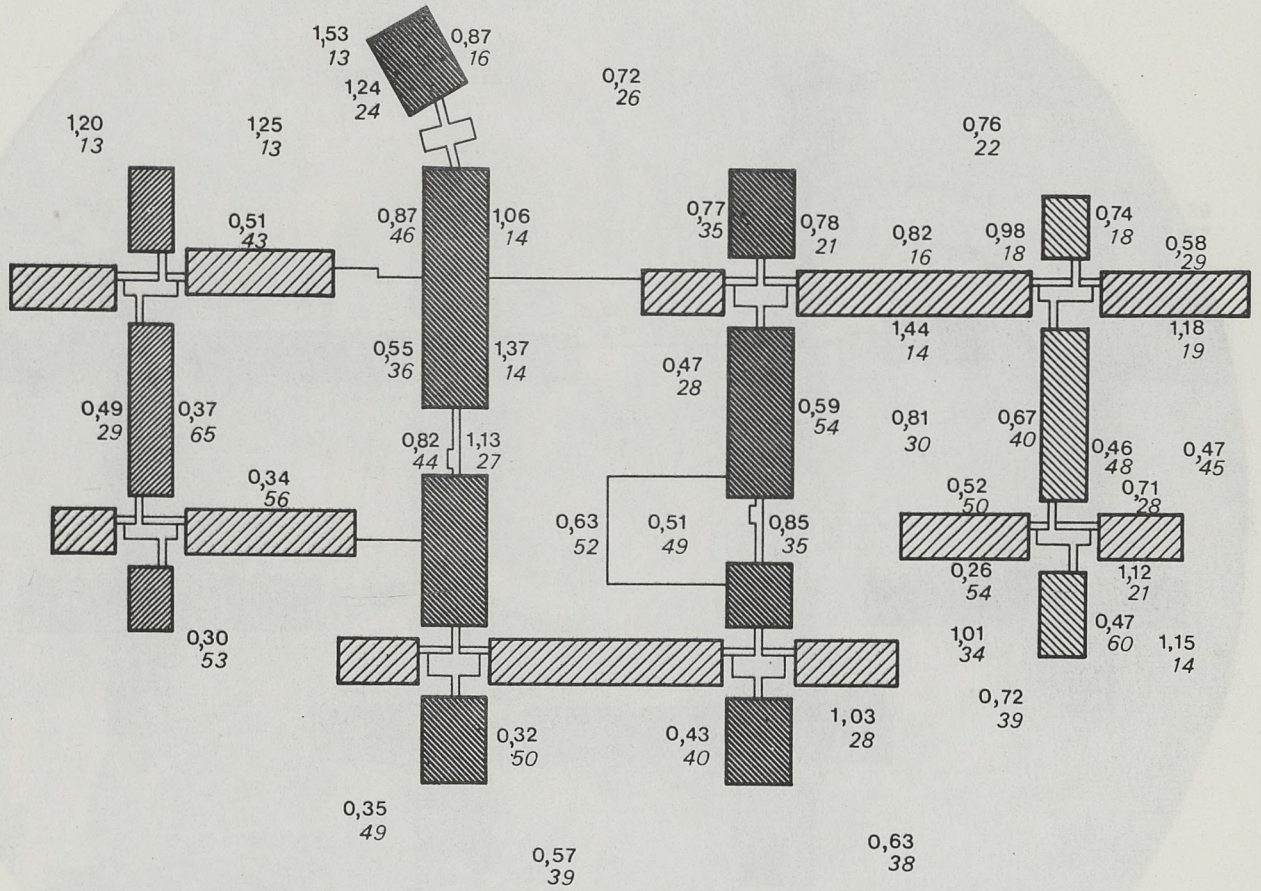




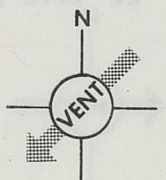
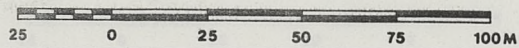


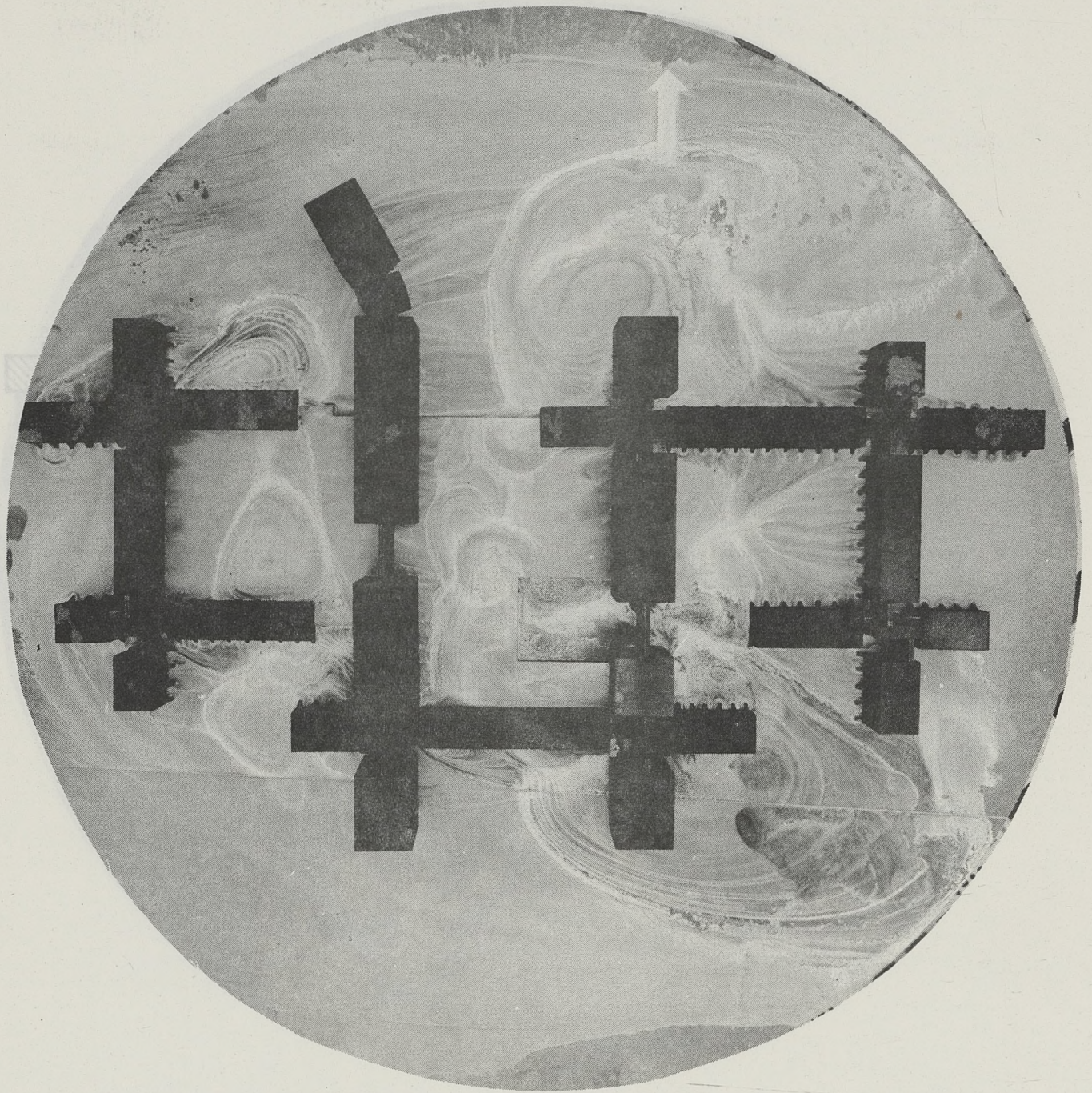
LE LAC, BORDEAUX



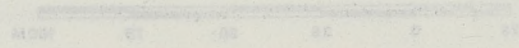
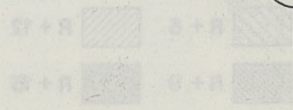
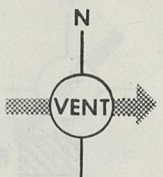


LE LAC BORDEAUX

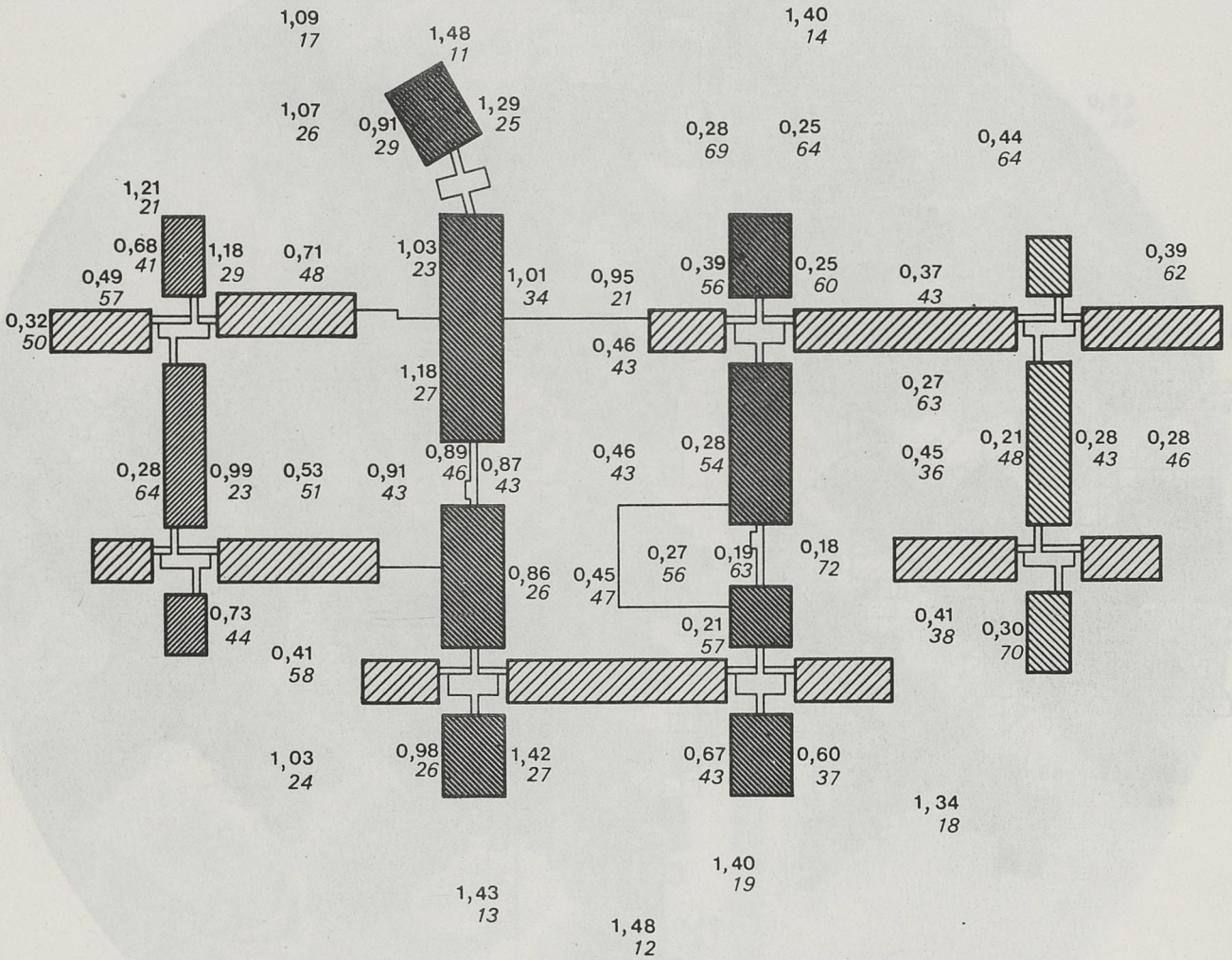








LE LAC , BORDEAUX

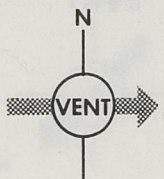
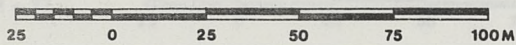


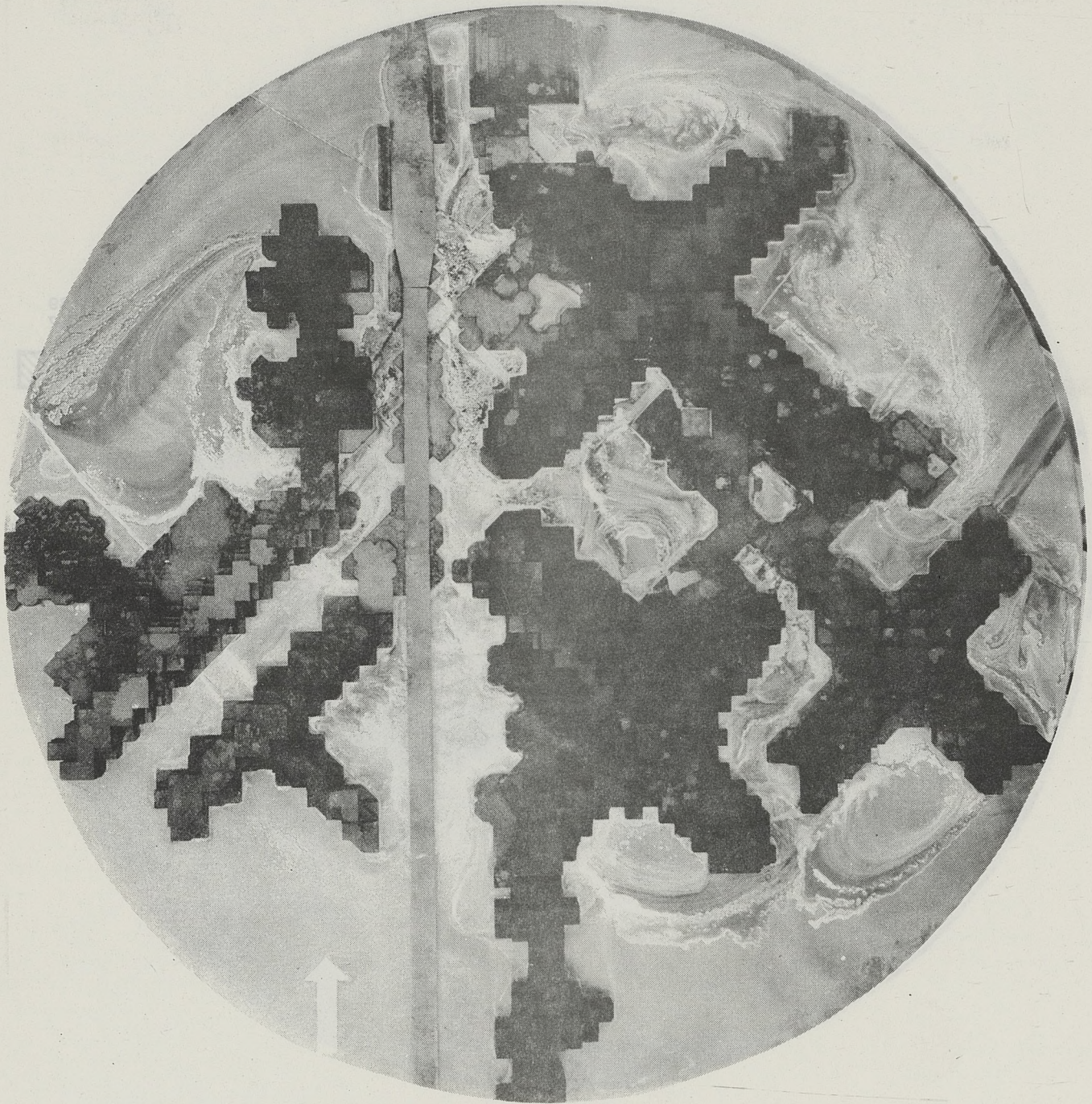
BIBLIOTHÈQUE  
U.P. 3



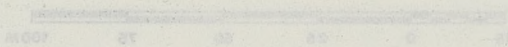
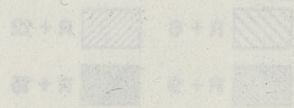
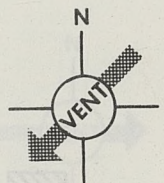
LE LAC BORDEAUX

-  R + 6
-  R + 12
-  R + 9
-  R + 15

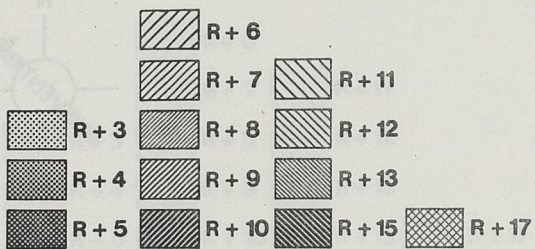
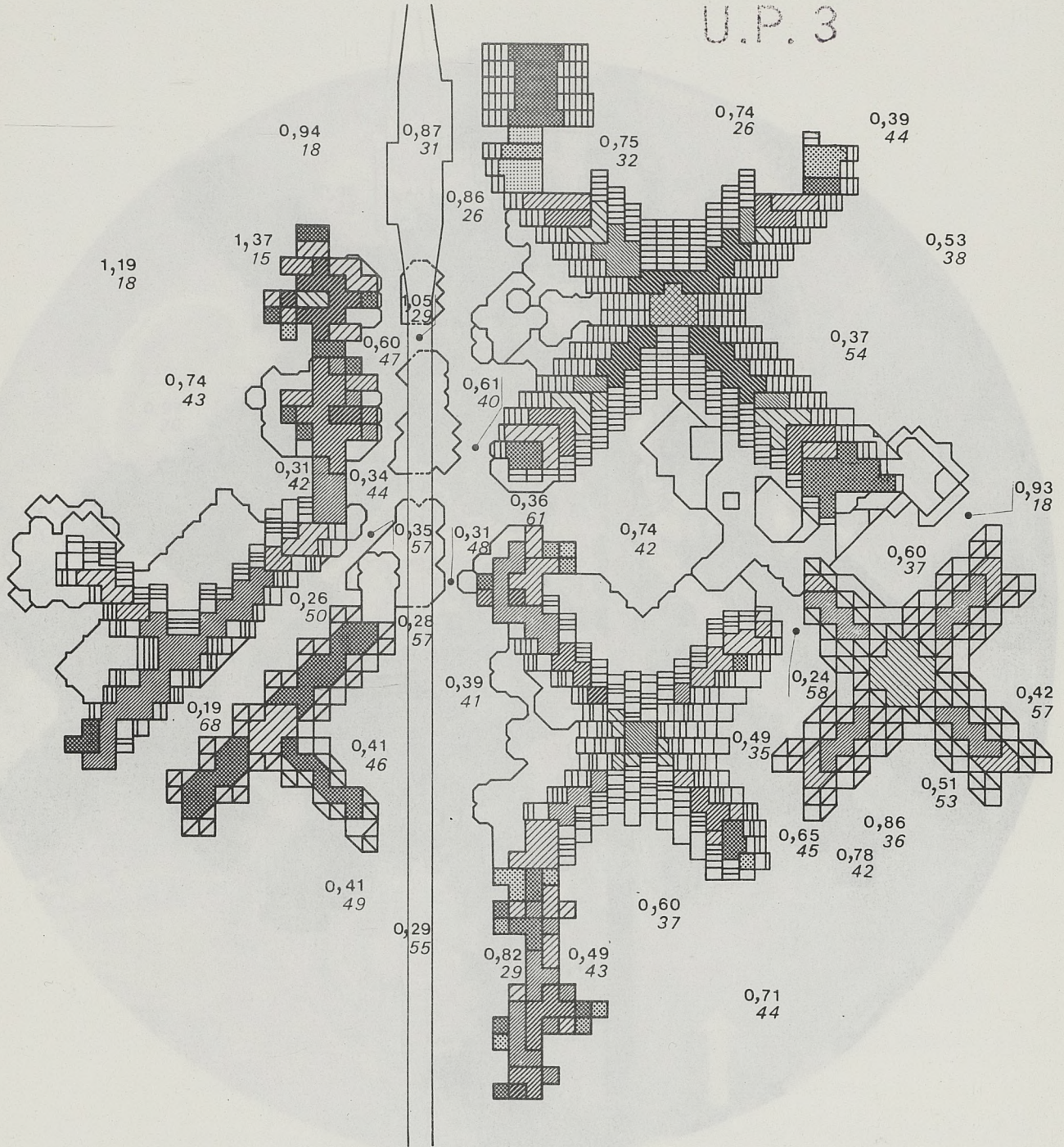




EVRY, REG. PARISIENNE

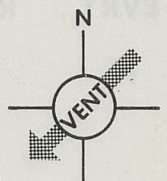
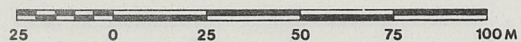


# BIBLIOTHÈQUE U.P. 3

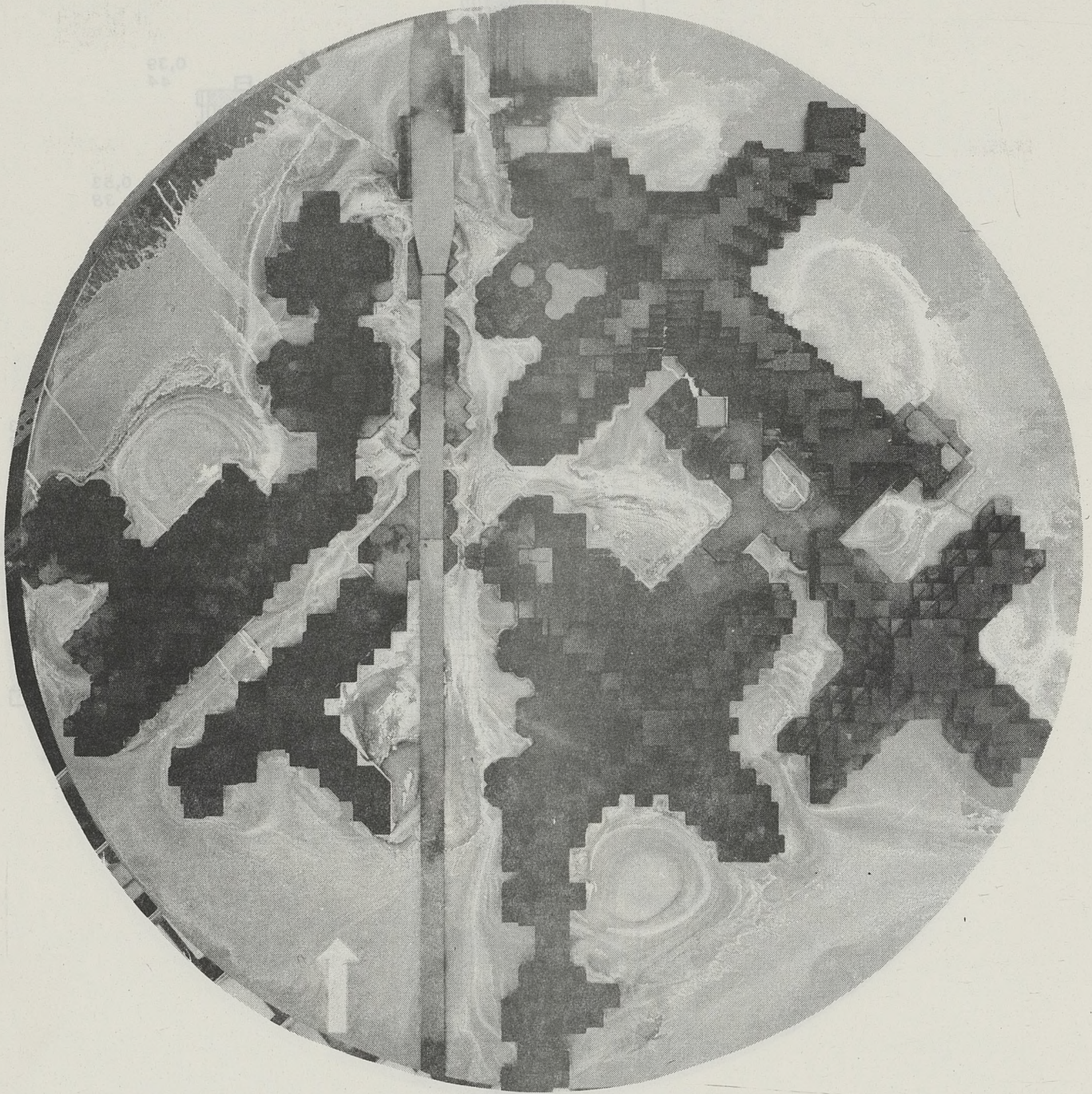


EVRY

REG. PARISIENNE

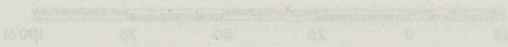
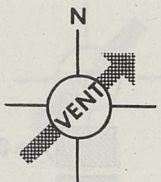
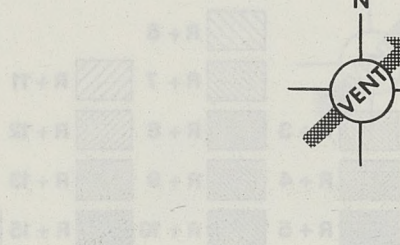


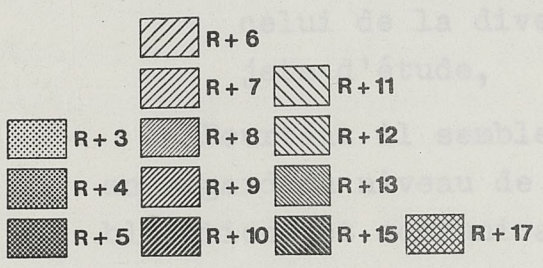
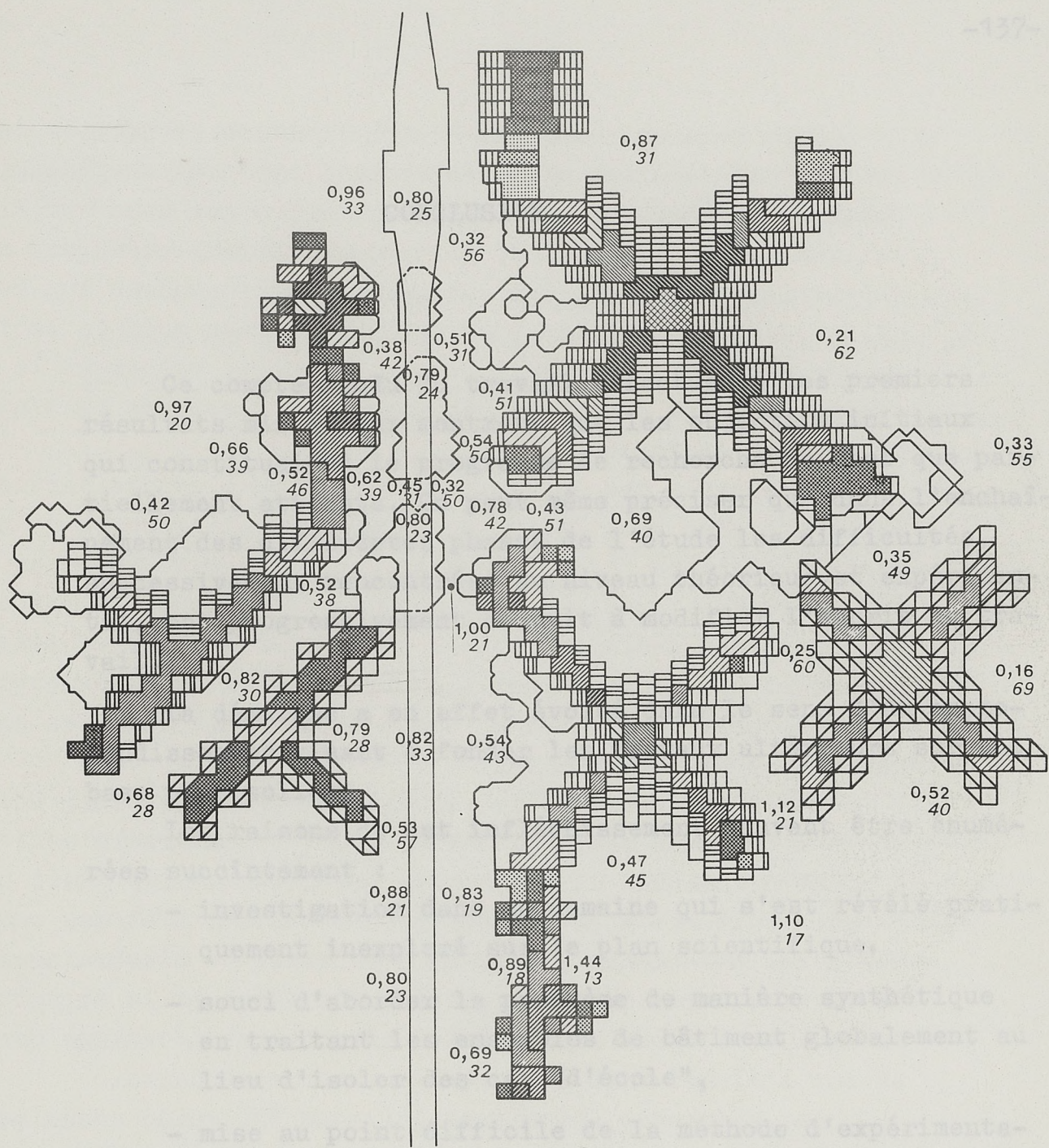
BIBLIOTHÈQUE  
U.P. 3



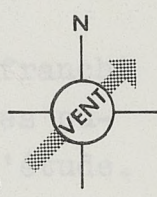
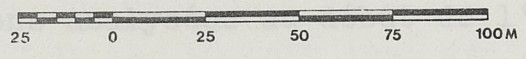
EVRY, REG. PARISIENNE

EVRY

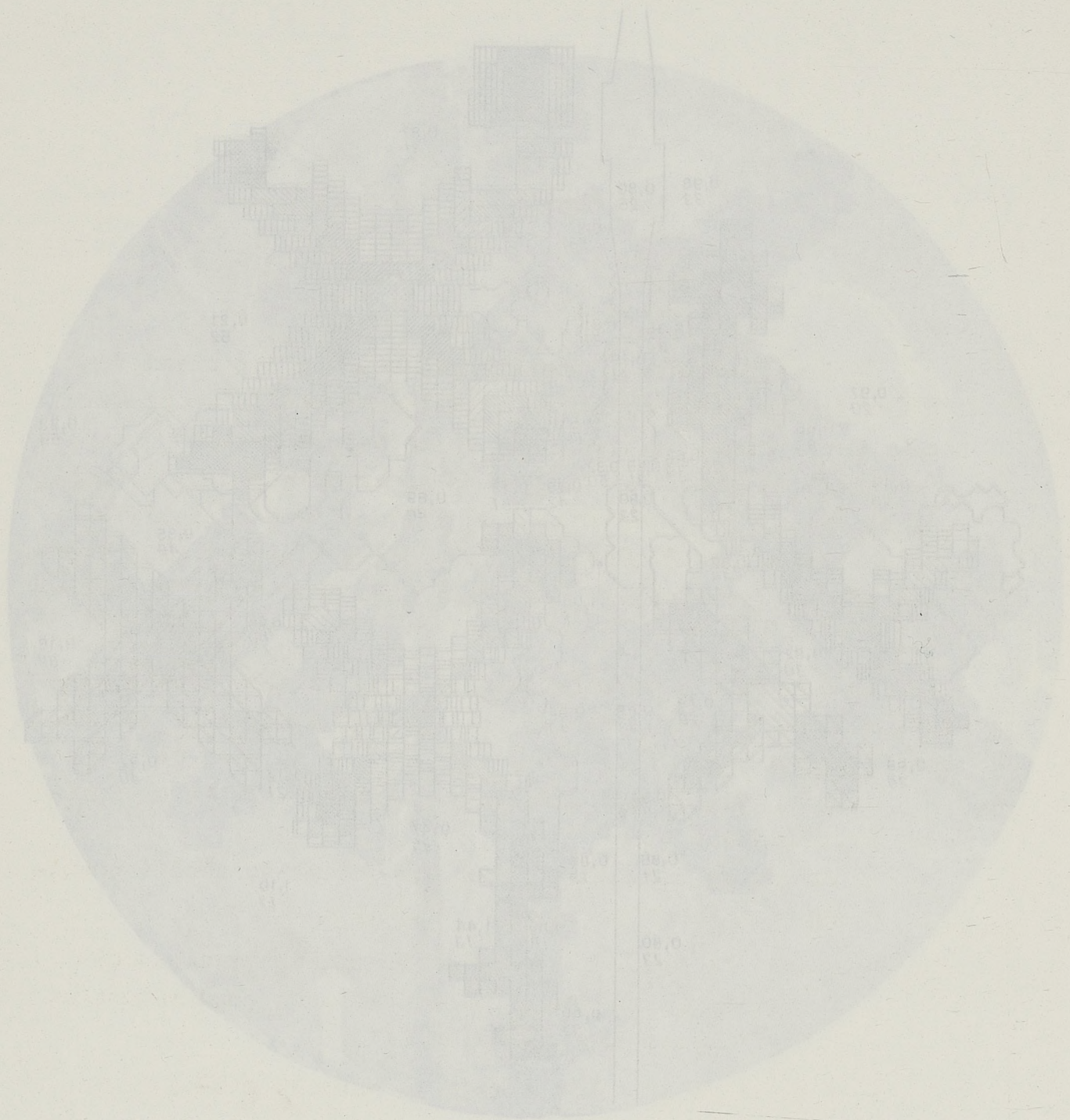




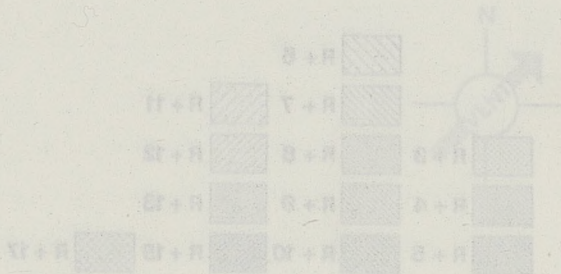
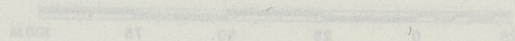
EVRY REG. PARISIENNE







EVRY REG. PARISIENNE REG. ANNEXIÉE EVRY



## CONCLUSION

Ce compte-rendu du travail effectué et les premiers résultats mis à jour montrent que les objectifs initiaux qui constituaient le programme de recherche ne sont que partiellement atteints. On peut même préciser que dans l'enchaînement des différentes phases de l'étude les difficultés, successivement rencontrées au niveau théorique et expérimental, ont progressivement conduit à modifier l'esprit du travail.

La démarche a en effet évolué dans le sens d'un approfondissement visant à fonder les travaux ultérieurs sur une base plus solide.

Les raisons de cet infléchissement peuvent être énumérées succinctement :

- investigation dans un domaine qui s'est révélé pratiquement inexploré sur le plan scientifique,
- souci d'aborder le problème de manière synthétique en traitant les ensembles de bâtiment globalement au lieu d'isoler des cas "d'école",
- mise au point difficile de la méthode d'expérimentation et de simulation, tâtonnements pour ce qui avait trait à la visualisation,
- superposition de deux niveaux de complexité : celui du phénomène aérodynamique lié à la turbulence et celui de la diversité et de l'irrégularité des objets d'étude,

Pourtant il semble qu'un pas important ait été franchi en regard du niveau de connaissance qui ressortait des publications et communications analysées au début de l'étude.

Nous remarquerons tout d'abord que les catégories de lecture et d'analyse utilisées pour l'approche morphologique sont, par rapport au critère aérodynamique qui nous concerne ici, remises en question et partiellement remplacées par des catégories nouvelles. Ces catégories correspondent aux anomalies dépistées. Elles induisent un nouveau mode de lecture des ensembles construits et, à fortiori, préparent le concepteur à un dépistage des nuisances possibles au stade de la mise en forme.

L'ensemble des indications et des conclusions partielles rapportées pour chaque configuration génératrice de nuisances (chapitre 5 / 3), s'il ne constitue pas encore un corpus de règles formelles prévoyant de façon expresse les conséquences des décisions prises par un concepteur, représente cependant une gamme d'instructions qui devraient permettre dès à présent d'éliminer au stade de la conception les anomalies les plus flagrantes.

En ce qui concerne les structures pare-vent leur étude n'a été que très partiellement abordée à travers la notion d'effet de masque. Il est apparu en effet qu'il y avait un relatif paradoxe à se préoccuper des palliatifs et des remèdes à des phénomènes locaux de survitesse ou d'accroissement de la turbulence dont on ignorait l'origine et la structure. Comme nous l'avons souligné les efforts ont davantage porté sur l'élucidation des problèmes correspondants.

Les exigences théoriques qui nous ont guidé conduisent donc à proposer la poursuite des travaux dans plusieurs directions :

- En complément de la présente étude, il serait souhaitable de soumettre à la même série d'essais de visualisation et de mesure des ensembles représentatifs de chacune des trois catégories morphologiques écartées pour des raisons matérielles (temps nécessaire à la confection des maquettes et aux essais en soufflerie).

- Pour affiner la quantification des dispositions génératrices d'anomalies et pour définir des seuils précis, un

approfondissement des essais déjà réalisés devrait permettre de définir des paramètres d'évaluation. Ceux-ci correspondraient aux règles et instructions facilement utilisables par le concepteur.

- Afin d'étudier les structures brise-vent il paraît nécessaire d'élargir cette notion à l'effet de masque en général. Cet effet serait étudié aux échelles successives de l'ensemble urbain, du quartier, enfin du groupe d'immeubles.

- Pour éviter un recours systématique et exclusif aux essais en soufflerie une méthode de reconnaissance automatique des formes en plan et en volume, permettrait d'obtenir l'évaluation générale d'une configuration par rapport aux effets dynamiques du vent.

- Enfin un travail à dominante morphologique devrait permettre d'associer à chaque disposition d'immeubles des descripteurs numériques. L'étude des relations entre ces descripteurs et les phénomènes aérodynamiques constituerait une généralisation intéressante de notre démarche. Elle permettrait, là encore par calcul automatique, des évaluations rapides du degré de confort ou de nuisance prévisible.

(5) DAVENPORT (A.G.). - The dependence of wind loads on meteorological parameters.

(In : Wind effects on buildings and structures. International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. 1967. Ottawa. - These paper.

(6) DAVENPORT (A.G.). - Gust loading factors.

(In : Journal of the structural division, Vol. 93, Nov. 3, 1967. - June 1967)

(7) HARRIS (R.I.). - The nature of the wind.

(In : The modern design of wind sensitive structures. - London, C.I.R.I.A., 1971.

de l'ensemble des données, on peut se demander si les résultats obtenus sont vraiment représentatifs de la population étudiée. Pour répondre à cette question, il est nécessaire de vérifier que les échantillons sont représentatifs de la population. Cela peut être fait en utilisant des méthodes statistiques appropriées. Les résultats obtenus sont donc valides et peuvent être utilisés pour tirer des conclusions sur la population étudiée.

En ce qui concerne la méthode de l'essai, elle est basée sur l'observation directe de la réaction de l'organisme à un stimulus donné. Cette méthode est simple et directe, mais elle présente certaines limites. Par exemple, elle ne permet pas de mesurer avec précision l'intensité de la réaction. De plus, elle est souvent limitée à l'étude de réactions simples. Malgré ces limites, la méthode de l'essai reste une méthode valable pour l'étude de certaines réactions physiologiques.

Les résultats obtenus sont donc valides et peuvent être utilisés pour tirer des conclusions sur la population étudiée.

En ce qui concerne la méthode de l'essai, elle est basée sur l'observation directe de la réaction de l'organisme à un stimulus donné. Cette méthode est simple et directe, mais elle présente certaines limites. Par exemple, elle ne permet pas de mesurer avec précision l'intensité de la réaction. De plus, elle est souvent limitée à l'étude de réactions simples. Malgré ces limites, la méthode de l'essai reste une méthode valable pour l'étude de certaines réactions physiologiques.

Les résultats obtenus sont donc valides et peuvent être utilisés pour tirer des conclusions sur la population étudiée.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) HYDY (G.M.). - The winds. - The origins and behavior of atmospheric motion. - New York, Van Nostrand, 1965.
- (2) SCHLICHTING (H.). - Boundary Layer theory. 4th ed. - New York, Mc Graw Hill, 1960.
- (3) HINZE (J.O.). - Turbulence. An introduction to its mechanism and theory. - New York, Mc Graw Hill, 1959.
- (4) DAVENPORT (A.G.). - The relationship of wind structure to wind loading.  
(In : Wind effects on buildings and structures. International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. 1963. Teddington. - Paper 2)
- (5) DAVENPORT (A.G.). - The dependence of wind loads on meteorological parameters.  
(In : Wind effects on buildings and structures. International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. 1967. Ottawa. - Theme paper.
- (6) DAVENPORT (A.G.). - Gust loading factors.  
(In : Journal of the structural division, Vol. 93, Nov. ST 3, 1967. - June 1967)
- (7) HARRIS (R.I.). - The nature of the wind.  
(In : The modern design of wind sensitive structures. - London, C.I.R.I.A., 1971.

- (8) Wind environment around tall buildings. - Garston (Watford), Building Research Station, 1972.  
(Building Research Station Digest. May 1972).
- (9) EVANS (B.H.). - Natural air flow around buildings. - s.n., College Station Texas, 1957.  
(Texas Engineering Experiment Station. Research Report n° 59, March 1957)
- (10) GANDEMER (J.). - Champ de vitesse aux abords des bâtiments. - Nantes C.S.T.B., (à paraître).  
(ADYM. 12-73) -
- (11) HUNT (J.C.R.). - Some effects of wind on people.  
(In : Symposium on External Flows. 4-6 July. 1972. Bristol.)
- (12) GEIGER (R.). - The climate near the ground. - Cambridge (Mass), Harvard University Press, 1966.
- (13) MILLER (A.A.). - Climatology. - London, Methven, 1961.
- (14) TREWARTHA (G.T.). - An introduction to climate. - New York, Mc Graw Hill, 1954.
- (15) GIVONI (B.). - Man, climate and architecture. - Amsterdam, London, New York, Elsevier, 1969.
- (16) HADER (F.). - Die Verwertung klimatischer Grundlagen für die Bauplanung in grösseren Ansiedlungen. (L'utilisation de documents climatologiques pour l'aménagement dans les grandes agglomérations).  
(In : Wohnungsbauforschung in Oesterreich, 8/9/10, 1967, pp. 95 - 99)

(17) TRIplet (J.P.), ROCHE (G.). - Météorologie générale. - Paris, Ecole Nationale de la Météorologie, 1971.

(18) Atlas Climatique de la France. - Paris, Météorologie Nationale, 1969.

(19) BOER (W.). - Einige praktische Ratschläge zu meteorologischen Feldmessungen im Hinblick auf den Städtebau. (Quelques conseils pratiques pour des mesures météorologiques sur le terrain tenant en particulier compte des points de vue d'urbanisme.

(In : Angewandte Meteorologie, Jhg. 1952, H.1)

(20) HADER (F.). - Die Änderung des Lokalklimas bei der Errichtung neuer Stadtteile und bei der Stadterneuerung. (Les changements de climat local lors de l'aménagement de nouvelles zones urbaines et lors de la rénovation urbaine).

(In : Wohnungsbauforschung in Oesterreich, 8/9/10, 1967, pp. 95 - 99)

(21) MARROY (J.P.), PENEAU (J.P.). - Deux exemples de traitement de données en architecture utilisant l'analyse factorielle des correspondances.

(In : Analyse des données en architecture et urbanisme. - Paris, Institut de l'Environnement, 1972, pp. 169 - 198)

(22) DENIAU, LEROUX, OPENHEIM. - Cours d'analyse des données. - (Paris, Université de Paris 5, 1972)

(23) HARRIS (R.I.). - Measurements of wind structure at heights up to 598 feet above ground level.

(In : Wind effects on buildings and structures. International Conference on Wind Effects on buildings and structures. 1968. Loughborough. - Paper I)



(24) BAIN (D.C.), BAKER (P.J.), ROWAT (M.J.). - Wind tunnels.  
An aid to engineering structure design.

(In : B.H.R.A. - Fluid Engineering. - s.l.n., 1971).

(25) GANDEMER (J.G.). - La soufflerie à couche limite turbulente du C.S.T.B.

(In : Cahiers du C.S.T.B., n° 141, juil. - août 1973.  
Cahier 1193).

(26) HARRIS (R.I.). - Measurements of wind structure.

(In : Symposium on External Flows. 4-6th July. 1972. -  
Bristol.)

(27) PANOFSKY (H.A.). - The Boundary layer above 30 m.

(In : Boundary Layer Meteorology, 4, 1973, pp. 251-264)

(28) GUYOT (G.). - Etude de l'écoulement de l'air au voisinage d'un obstacle poreux en couche limite turbulente.

(Thèse. Ing. Doc. Univ. Paris 6. 24 Mai 1972)

(29) DAVENPORT (A.G.), ISYUMOV (N.). - The application of the boundary-layer wind tunnel to the prediction of wind loading. - London (Canada), University of Western Ontario, 1967.

(In : Wind effects on buildings and structures. International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. 1967. Ottawa. - Paper 7)

(30) BRADSHAW (P;). - An introduction to turbulence and its measurement. - London, The Commonwealth and international Library, 1972.

(31) ALAIME (H.), GANDEMER (J.), MAILLE (H.). - Réalisation d'un dispositif porte - sonde, pour la soufflerie du C.S.T.B. - Nantes, C.S.T.B., 1973.

(ADYM - N.T. 5 - 73).

