

G 1211

C.E.N./SACLAY - B.P. N° 2, 91190 GIF SUR YVETTE - FRANCE

N°\*  
**1991**

SERVICE DE DOCUMENTATION

**RAPPORT CEA-R-5568**

**Centre d'Etudes de Cadarache**

Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire

*Olivier MASSON*

*par*

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE  
DE LA DIFFUSION TRANSVERSALE  
DANS LES COURS D'EAU**

COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE

B 30  
CEA-R-5568

CEA-R-5568

**TABLE DES MATIERES**

1	AVANT PROPOS .....
	INTRODUCTION
3	1 CADRE DE L'ETUDE .....
3	1.1 CADRE GENERAL .....
3	1.2 CADRE PARTICULIER .....
4	2 OBJECTIFS .....
4	3 POINT BIBLIOGRAPHIQUE .....
8	4 ORGANISATION DU MEMOIRE .....
9	5 ACTIONS ENTREPRISES .....
<b>1 CHAPITRE 1 : NOTIONS FONDAMENTALES</b>	
11	1.1 APPROCHE EULERIENNE .....
11	1.1.1 EQUATION DE CONTINUTE .....
12	1.1.2 EQUATION DE DIFFUSION .....
13	1.1.3 PROBLEME DE FERMETURE .....
14	1.1.4 REMARQUES SUR LA NOTION DE COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE .....
16	1.2 APPROCHE LAGRANGIENNE .....
16	1.2.1 EQUATIONS DE BASE .....
19	1.2.2 PROBLEME DE LA TRANSPORTION THEORIE - EXPERIENCE .....
<b>1.3 SIMPLIFICATIONS ET APPLICATIONS PRACTIQUES DES</b>	
<b>FORMULATIONS LIEES A L'APPROCHE EULERIENNE ET A</b>	
20	L'APPROCHE LAGRANGIENNE .....
20	1.3.1 APPROCHE EULERIENNE .....
20	1.3.1.1 HYPOTHESES SIMPLIFICATRICES .....
22	1.3.1.2 UTILISATION NUMERIQUE DE L'EQUATION DE DIFFUSION SIMPLIFIEE .....
23	1.3.1.3 METHODE GLOBALE (D'APRES LA VARIATION DE TAILLE DU PANACHE) .....
24	1.3.2 APPROCHE LAGRANGIENNE .....
24	1.3.2.1 CONCEPT DE PHILIP .....

1.3.2.2 EXTENSION DE CE CONCEPT AUX DIRECTIONS TRANSVERSALE ET VERTICALE .....	26
1.3.2.3 PROPRIETES DE SYMETRIE DES ECOULEMENTS CANALISES A SURFACE LIBRE .....	26
1.3.3 SYNTHESE DES TRAVAUX PRECEDENTS ET PRESENTATION D'UNE FORMULATION EULERIENNE DES DIFFUSIVITES DE LA TURBULENCE .....	29
1.3.4 TERMINOLOGIE .....	31

## **2 CHAPITRE 2: ETUDE EXPERIMENTALE DANS UNE RIVIERE: LA GARONNE**

<b>2.1 ELEMENTS DE CHOIX DU SITE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>35</b>
2.1.1 CRITERES SCIENTIFIQUES .....	35
2.1.2 CRITERES PRATIQUES .....	36
<b>2.2 DESCRIPTION DU SITE RETENU .....</b>	<b>37</b>
2.2.1 CARACTERISATION DES BERGES ET DU FOND .....	39
2.2.2 CONDITIONS D'ALIMENTATION .....	39
<b>2.3 DISPOSITIFS ET METHODES EXPERIMENTALES .....</b>	<b>42</b>
2.3.1 CHOIX ET MATERIALISATION DES SECTIONS .....	42
2.3.1.1 EMBLACEMENT DE LA SECTION D'EMISSION .....	42
2.3.1.2 EMBLACEMENT DES SECTIONS DE MESURE .....	43
2.3.1.3 CHOIX D'UN REPERE ASSOCIE A L'ECOULEMENT .....	44
2.3.2 MESURE DES VITESSES ET DES PROFONDEURS .....	44
2.3.3 INJECTIONS DE COLORANT ET MESURE DES CONCENTRATIONS ...	45
2.3.3.1 DISPOSITIF D'INJECTION .....	45
2.3.3.2 DISPOSITIF DE MESURE DES CONCENTRATIONS .....	45
<b>2.4 RESULTATS DE MESURES .....</b>	<b>47</b>
2.4.1 PROFONDEURS .....	47
2.4.2 VITESSES MOYENNES .....	50
2.4.3 CONCENTRATIONS .....	51
2.4.3.1 CONCENTRATION DE BON MELANGE .....	51
2.4.3.2 MISE EN EVIDENCE DES COURANTS TRANSVERSAUX .....	52
<b>2.5 DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE MELANGE TRANSVERSAUX</b> .....	
2.5.1 APPLICATION DE LA METHODE DISCRETE .....	57
2.5.2 APPLICATION DE LA METHODE GLOBALE .....	62

109	4.3.2.1 REDUCTION ET ANALYSE DES DONNEES
106	4.3.2 COMPARAISON AVEC LES RESULTATS D'AUTRES AUTEURS
105	4.3.1 AJUSTEMENT DE L'EVOLUTION VERTICALE DE L'E.T.R.
103	<b>4.3 ECART-TYPES RELATIFS (E.T.R.) DES FLUCTUATIONS DE VITESSE</b>
101	4.2.2 CONDITIONS AUX LIMITES DE L'ECOULEMENT
99	4.2.1 PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS EXPERIMENTAUX
99	<b>4.2 ECART-TYPES DES FLUCTUATIONS DE VITESSE</b>
97	4.1.4 DETERMINATION DE PARAMETRES LIES AU PROFIL DE VITESSE
96	4.1.3 LOIS D'EVOLUTION VERTICALE
94	4.1.2.1 RESULTATS EXPERIMENTAUX
94	LA VITESSE
	4.1.2 EVOLUTION VERTICALE DE LA COMPOSANTE LONGITUDINALE DE
91	4.1.1 PROJECTION HORIZONTALES DE LA VITESSE MOYENNE
91	<b>4.1 VITESSES MOYENNES</b>

#### **4 CHAPITRE 4 : RESULTATS EXPERIMENTAUX DANS LE CANAL D'IRRIGATION DE JOUQUES**

85	<b>3.3 COLLECTE DES DONNEES</b>
83	3.2.6 CONCLUSIONS
83	3.2.5 JUSTIFICATION DU CHOIX
80	3.2.4 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET ETALONNAGE
79	3.2.3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
78	3.2.2 PRESENTATION DU COURANTOMETRE A ULTRASONS
77	3.2.1 CAPTEURS DE FLUCTUATIONS DE VITESSE
77	<b>3.2 APPAREILLAGE</b>
74	RESEAU DE MESURE
	3.1.3 CHOIX D'UN REPERE ASSOCIE AU CANAL ET DEFINITION D'UN
70	3.1.2 CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'ECOULEMENT
67	3.1.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES
67	<b>3.1 PRESENTATION DU CANAL D'IRRIGATION DE JOUQUES</b>

#### **3 CHAPITRE 3 : ETUDE EXPERIMENTALE DANS UN CANAL D'IRRIGATION**

65	<b>2.6 CONCLUSION</b>
----	-----------------------

<b>4.4 ANALYSE SPECTRALE</b> .....	117
4.4.1 CONDITIONS D'ACQUISITION DE L'ANALYSE SPECTRALE .....	117
4.4.2 SPECTRES DE TURBULENCE .....	118
4.4.3 DETERMINATIONS DE LA MACROECHELLE DE TURBULENCE .....	120
4.4.4 EVOLUTION DE LA MACROECHELLE DE TURBULENCE DANS LA SECTION .....	122
4.4.5 LOI D'EVOLUTION VERTICALE .....	125
4.4.6 COMPARAISON AVEC DES MESURES TROUVEES DANS LA LITTERATURE .....	127
4.4.6.1 REDUCTION DES DONNEES .....	127
4.4.6.2 RELATION ENTRE LA TAILLE MOYENNE DES TOURBILLONS ET LA PROFONDEUR TOTALE .....	130
<b>4.5 CALCUL DES COEFFICIENTS DE DIFFUSION</b> .....	132
4.5.1 CAS DU CANAL D'IRRIGATION DE JOUQUES .....	132
4.5.1.1 DIFFUSION DANS LE PLAN HORIZONTAL .....	132
4.5.1.2 DIFFUSION VERTICALE .....	134
4.5.2 CAS DES AUTRES ECOULEMENTS .....	134
4.5.3 CONCLUSION .....	135

## **5 CHAPITRE 5 : ETUDE DE LA DILUTION D'UN TRACEUR DANS LE CANAL D'IRRIGATION DE JOUQUES**

<b>5.1 METHODE EXPERIMENTALE ET DISPOSITIFS DE MESURES</b> .....	137
5.1.1 CONDITIONS DES EXPERIMENTATIONS DE TRACAGE .....	137
5.1.2 DEFINITION DU RESEAU DE MESURE .....	138
5.1.3 DISPOSITIF D'INJECTION .....	138
5.1.4 DISPOSITIF DE MESURE .....	138
5.1.5 DEROULEMENT DES TRACAGES .....	139
<b>5.2 RESULTATS DE MESURES</b> .....	139
5.2.1 TRAITEMENT DES DONNEES BRUTES .....	139
5.2.2 OBSERVATIONS QUALITATIVES DE LA DILUTION DU COLORANT .....	141
5.2.2.1 DANS LES PREMIERS METRES SUIVANT L'INJECTION .....	141
5.2.2.2 A L'ECHELLE DU BIEF (160 m) .....	143
5.2.3 INTERPRETATION PHYSIQUE DES PARTICULARITES DE DILUTION DU COLORANT .....	146
5.2.4 ANALYSE QUANTITATIVE .....	147
5.2.4.1 RESULTATS DE L'AJUSTEMENT .....	150
5.2.4.2 CALCUL DE $K_{MY}$ .....	151

- A : DEFINITION DES ZONES DE MELANGE.
- B : ISOTROPIE ET HOMOGENEITE DANS LES ECOULEMENT A SURFACE LIBRE.
- C : CHOIX ET ETUDE D'UN TRACEUR : LA RHODAMINE B.
- D : LES PRINCIPAUX CAPTEURS EN COURANTOMETRIE.
- E : LES COURANTS TRANSVERSAUX.
- F : VITESSES MOYENNES.
- G : LIENS ENTRE LES COEFFICIENTS DE MELANGE ET CERTAINES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES.
- H : GENERALITES SUR L'ANALYSE SPECTRALE.
- I : ESTIMATION DES DISTANCES DE DIFFUSION.

**ANNEXES**

5.3 COMPARAISONS DES VALEURS DES COEFFICIENTS DE DIFFUSION  
ET DE MELANGE DANS LA DIRECTION TRANSVERSALE ..... 152

CONCLUSION ..... 157

BIBLIOGRAPHIE ..... 161