

Olivier PIRIOU, Yannick Fayolle, Arnaud Cockx, Sylvie Gillot

**Utilisation d'un cas-test pour caractériser
l'influence des obstacles présents dans les
bassins d'aération sur les écoulements
liquides et gaz-liquides**

Colloque STIC et Environnement 2011 – 12/05/2011

Plan

● Contexte de l'étude

- Cadre de l'étude (programme O₂STAR)
- Pourquoi un cas-test ?

● Définition du cas-test

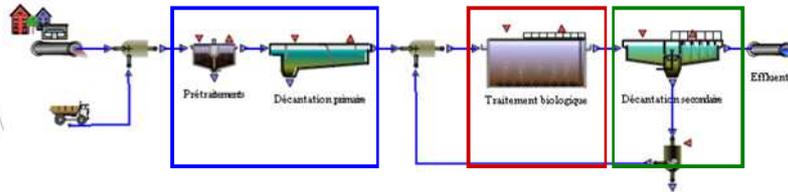
- Définition des cas étudiés
- Définition de la géométrie et conditions aux limites

● Résultats

● Conclusion

Stations d'épuration et aération

€ €€€€€€ €



- OPTIMISATION DES DISPOSITIFS D'AERATION
 - Coût de l'aération : 70 % de la consommation électrique
 - Qualité du traitement

STIC et Environnement 2011 - 3



Programme O₂ STAR

PRECODD
Programme de recherche
ECOTECHNOLOGIES et Développement Durable



- Outil logiciel d'optimisation des écoulements et du transfert d'O₂ en eau claire dans les BA des STEP



Mesures transfert O₂ local

Mesures sur site en eau claire

Modélisation transfert

Modélisation Agitation

Simulation :
Validation des modèles

Modèle filaire

Outil logiciel

STIC et Environnement 2011 - 4



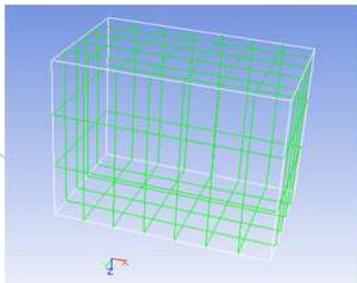
Chenal d'aération



STIC et Environnement 2011 - 5



Simulation eulérienne



- **Domaine divisé en volumes élémentaires de calculs**
- **Equations à résoudre :**
 - MFN + fonctions du modèle
- **Processus itératif de résolution**

Données d'entrées

Validation des modèles

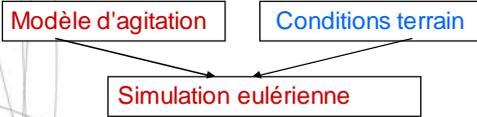
Modélisation de l'agitation

- géométrie
 - vitesse de rotation
-
- vitesse de circulation
 - poussée agitateurs

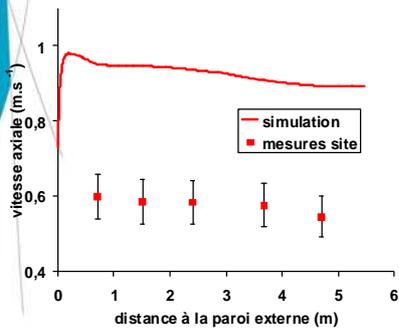
STIC et Environnement 2011 - 6



Premiers essais de simulation



Valeurs avec représentation simple



- ~~Quel modèle ?~~
- Quels obstacles ?
- Quelle représentation ?
- Quel maillage ?

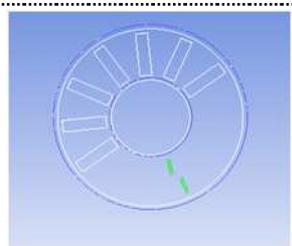
Pourquoi un cas-test?

SIMULATION BASSIN

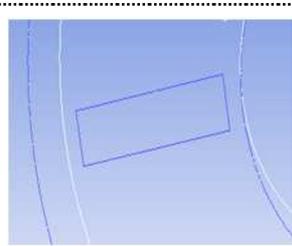
- quels obstacles ?
- quelle représentation ?
- quel maillage ?

- quelles pertes de charges ?

MODELE FILAIRE



~~Bassin complet : trop long~~



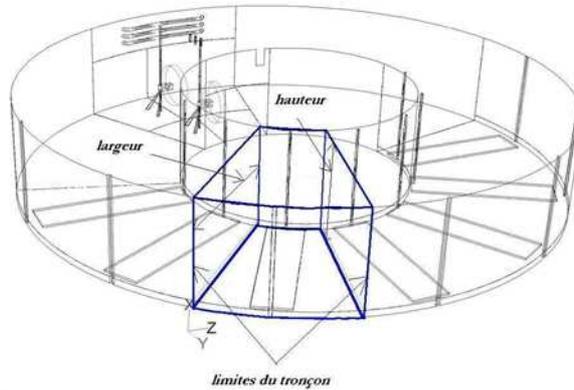
Fraction du domaine : Cas-test

Temps d'un calcul

10 jours

1 jour

Définition du cas-test : choix de la géométrie



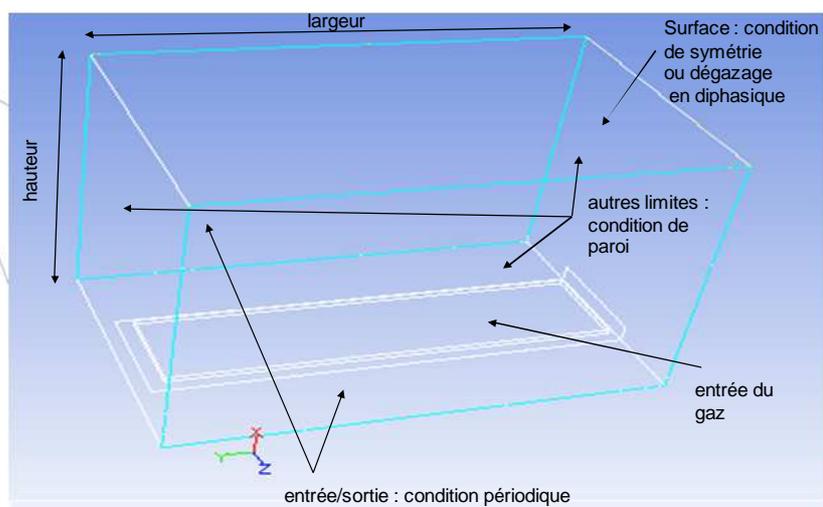
Représentative du bassin réel : section récurrente de la zone aérée

STIC et Environnement 2011 - 9



Définition de la géométrie

Conditions physiques aux limites du domaine



STIC et Environnement 2011 - 10



Cas étudiés et objectifs

Phase liquide seulement

Nom du cas	Obstacle	ΔP (Pa.m ⁻¹)
1	Aucun	0,11
2	Module : marche	0,11
3	Module : plaque	0,11
4	Module : peigne	0,05
5	Module : peigne	0,11
6	Module : peigne	0,21
7 / 8 / 9	Peigne + tuyau air	0,05 / 0,11 / 0,21
10 / 11 / 12	Peigne + rail guidage	0,05 / 0,11 / 0,21

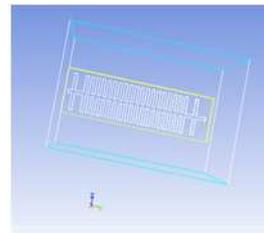
Diphasique

Nom du cas	Obstacle	ΔP (Pa.m ⁻¹)	Débit air (m ³ .h ⁻¹)
d1	plaque	0,11	252
d2	plaque	1,07	252
d3	plaque	2,00	252
d4	peigne	0,11	252
d5	peigne	1,07	252
d6	peigne	2,00	252

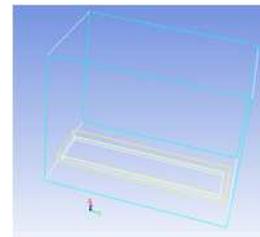
STIC et Environnement 2011 - 11



Représentations du module



peigne



plaque

STIC et Environnement 2011 - 12



Géométrie en monophasique

• QUELS OBSTACLES ?

Géométrie	peigne	Pas de module	Peigne + tuyau air	Peigne + rail guidage
Vitesse de liquide (cm.s ⁻¹)	35,8	54,5	27,5	27,4
Ecart au cas peigne (%)	-	52	23	23

- Nécessité de représenter le module
- Nécessité de représenter les autres obstacles

Géométrie en monophasique

• QUELLE REPRESENTATION ?

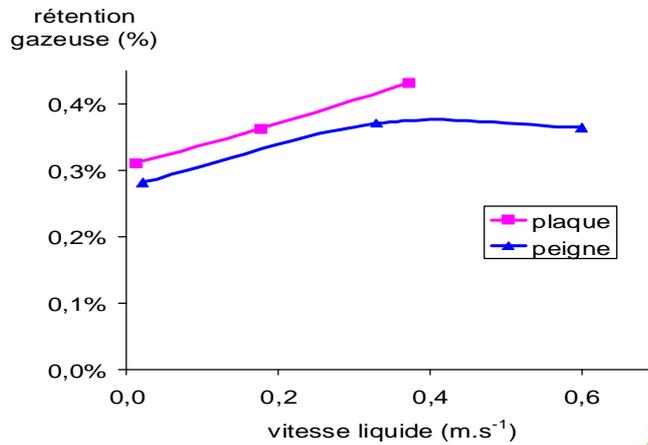
Forme du module	Peigne	Marche	Plaque
Vitesse de liquide (cm.s ⁻¹)	35,8	32,7	34,8
Ecart au cas peigne (%)	-	9	3

- Faible impact de la représentation du module

Géométrie en diphasique

• QUELLE REPRESENTATION?

$$\text{rétention gazeuse} = \frac{\text{volume de gaz}}{\text{volume total de fluide}}$$

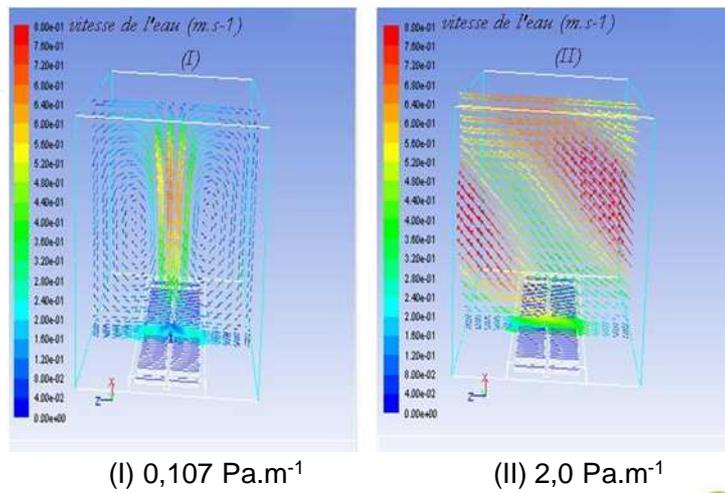


STIC et Environnement 2011 - 15



Quelle représentation ?

• Neutralisation des « Spiral Flows »



(I) 0,107 Pa.m⁻¹

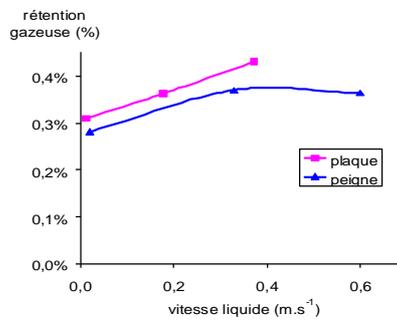
(II) 2,0 Pa.m⁻¹

STIC et Environnement 2011 - 16



Géométrie en diphasique : représentation ?

$$\text{rétention gazeuse} = \frac{\text{volume de gaz}}{\text{volume total de fluide}}$$



- Variation croissante avec la vitesse de liquide
- Fraction volumique **dépendante de la forme du module d'aération**

STIC et Environnement 2011 - 17



Quel maillage ?

- Jusqu'où aller dans le raffinement ?

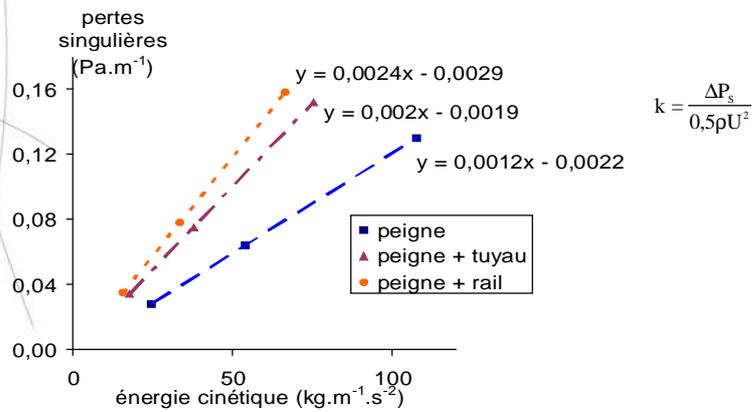
Géométrie	bloc vide	plaque	peigne	plaque diphasique	peigne diphasique
Vitesse cas de base cm.s ⁻¹	53,3	35,7	37	17,5	32,3
Vitesse en raffiné en cm.s ⁻¹	54,5	34,8	35,8	17,7	34,0
Ecart (%)	2,1	2,5	3,2	1,1	5,0

- Test sur le maillage : maillage tronçon/maillage bassin
 - **Monophasique : frottements aux parois**
 - **Diphasique : interactions gaz/liquide**
- Permet de fixer les spécifications du maillage du bassin réel

STIC et Environnement 2011 - 18



Pertes de charges monophasique

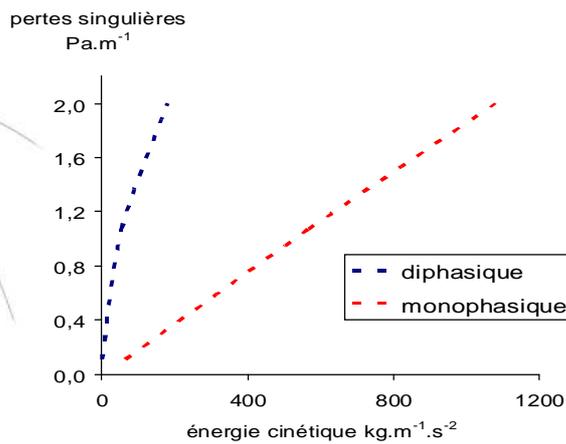


- Augmentation linéaire des pertes de charges
- Coefficients de pertes de charges de $8,0 \cdot 10^{-4}$ à $1,2 \cdot 10^{-3}$
- Importance des obstacles
- Données k pour modèle filaire

STIC et Environnement 2011 - 19



Pertes de charges diphasique



- Caractère prépondérant du champ de bulles

STIC et Environnement 2011 - 20



Conclusions

● Apports de la démarche

- Gain en temps de calculs
- Etude d'autres configurations
- Pertes de charges en mécanique des fluides

● Résultats obtenus

- Quels obstacles? **tous** pour l'écoulement sans air
- Quelle représentation? **peigne**
- Quel maillage? **pas nécessaire de raffiner plus**
- Quelles pertes de charges? **modèle 1D**

	Mesure	Simulation avant cas-test	Simulation après cas-test
vitesse moyenne (m.s ⁻¹)	0,55	0,91	0,53
Écart à la mesure (%)	-	45,3	3,4

STIC et Environnement 2011 - 21



Merci pour votre attention



- olivier.piriou@cemagref.fr
- yannick.fayolle@cemagref.fr

FINANCÉ PAR
ANR

STIC et Environnement 2011 - 22

