

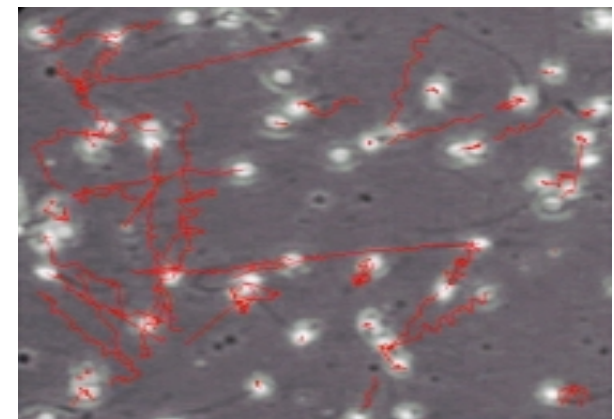
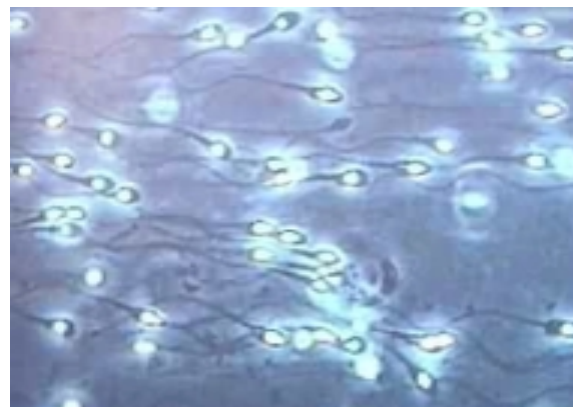


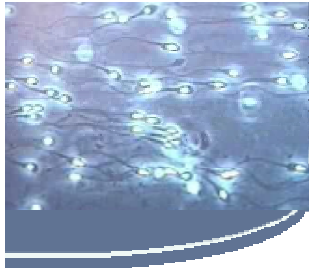
# Les jeudis de Fleurus : Procréation médicalement assistée Projet Vitality

P. Beyne<sup>1</sup>, L. Goutière<sup>2</sup>, S. Soares-Frazão<sup>2</sup>, Y. Zech<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CHR Namur

<sup>2</sup>Dep. de Génie Civil et Environnemental, UCL





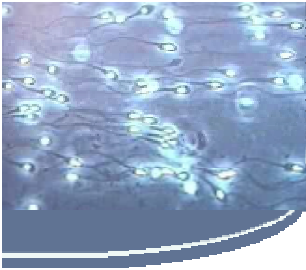
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Plan de la présentation

- L'analyse spermatique
  - Définition et applications
  - Méthodes
- Projet Vitality
  - Objectifs et partenaires
- Imagerie digitale
  - Méthode Voronoï
  - Matériel d'acquisition
  - Résultats
- Conclusion



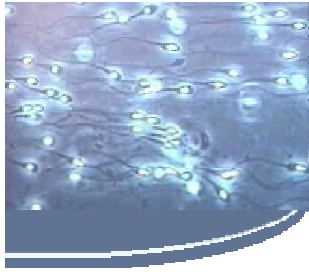
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Plan de la présentation

- L'analyse spermatique
  - Définition et applications
  - Méthodes
- Projet Vitality
  - Objectifs et partenaires
- Imagerie digitale
  - Méthode Voronoï
  - Matériel d'acquisition
  - Résultats
- Conclusion



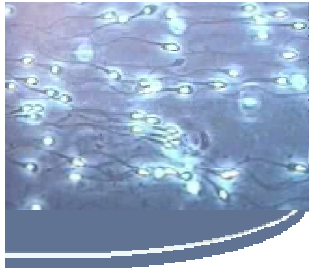
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Définition

- Analyse de la mobilité de sperme humain
  - Etape clé de l'évaluation de la fertilité masculine et du potentiel fécondant des spermatozoïdes
  - Procréation médicalement assistée :
    - conditionne la réussite de la fécondation
    - guide le choix du type d'insémination et la sélection des échantillons
  - Diagnostic de pathologies liées à l'infertilité masculine
  - Analyse pratiquée fréquemment et dans de nombreux laboratoires



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



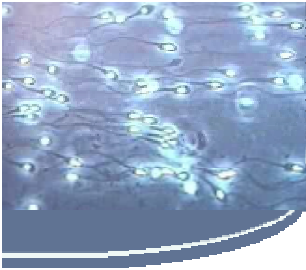
## Applications

### ☐ Médecine humaine :

- Optimisation de la procréation médicalement assistée

### ☐ Médecine vétérinaire :

- Optimisation des performances de reproduction dans les élevages à vocation :
  - sportive (étalons de course)
  - de loisir (animaux de compagnie)
  - alimentaire (élevages bovins, ovins, production laitière, salmoniculture, ...)
- Sauvegarde d'espèces menacées

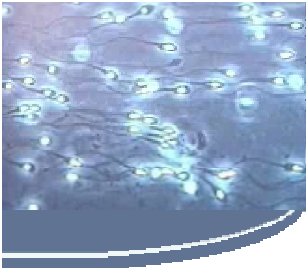


## Méthodes (1)

- ❑ Computer Assisted Sperm Analysis (CASA) : Système semi-automatique Autosperm (Fertipro)  
→ Évaluation de la numération et de la mobilité



- Numération
- Mobilité
- Mobilité linéaire
- Index de linéarité



## Méthodes (2)

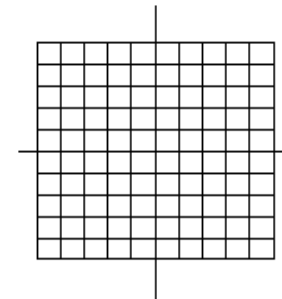
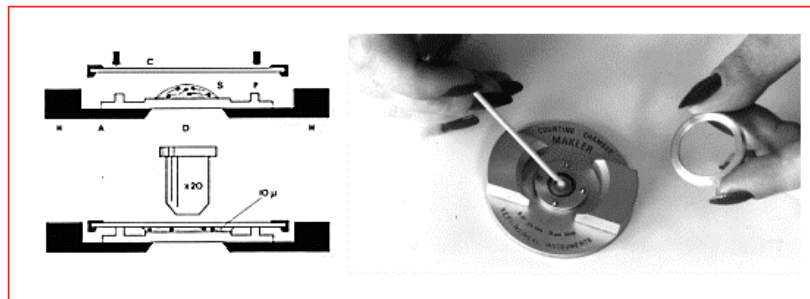
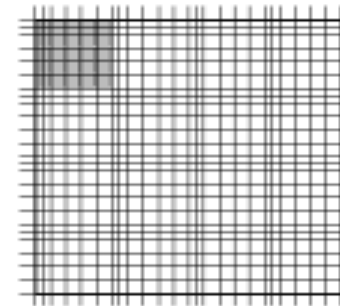
### □ Hémocytomètre :

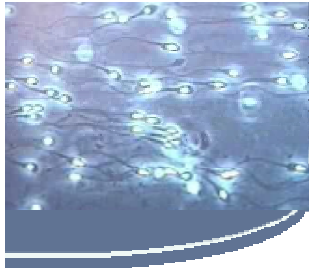
- Hauteur calibrée entre le porte- et le couvre-objet,
- Grille gravée dans le porte-objet

→ Volume analysé défini

Cellule de Thoma (Epaisseur 0.1 mm)

Cellule Makler (Epaisseur 0.01 mm)





# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthodes (3)

### □ Avantages :

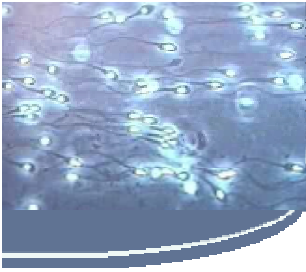
- Matériel peu onéreux
- Facilité d'utilisation

### □ Inconvénients:

- Fortement observateur et laboratoire-dépendant :
  - Rapport Contrôle de qualité externe 2006-2 (Institut scientifique de santé publique) : Numération de l'échantillon 0602/1

En millions/ml	Moy	Min	Max
Experts	15.8	10.2	21.4
Participants	22.1	7.1	166.1

- Nécessite un apprentissage relativement long
- Méthodes de comptage laborieuses



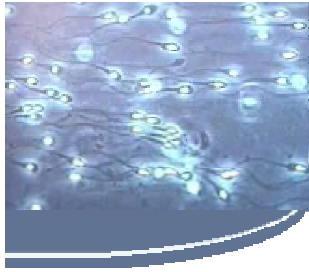
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Plan de la présentation

- L'analyse spermatique
  - Définition et applications
  - Méthodes
- Projet Vitality
  - Objectifs et partenaires
- Imagerie digitale
  - Méthode Voronoï
  - Matériel d'acquisition
  - Résultats
- Conclusion



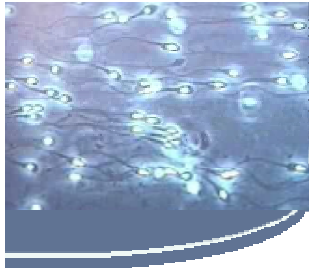
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Objectifs du projet

- Développer et fournir un outil automatisé d'aide à l'analyse spermatique par imagerie digitale pour :
  - l'analyse de numération
  - l'évaluation des paramètres de mobilité spermatique (grades a, b, c et d)
- L'outil doit :
  - être doté d'une interface homme - machine
  - fournir le même type de mesure que les analyses classiques avec une plus grande précision
  - fournir des informations plus complètes et améliorer les possibilités de diagnostic



# VITALITY

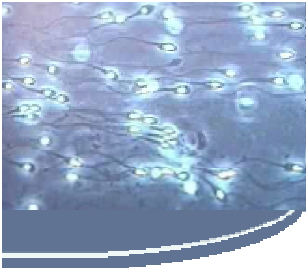
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Partenaires

### □ Présentation et rôles

- ULg – CPMA et CHRN – CPMA :
  - Bagage médical
  - Spécification logiciel et interface
  - Analyses d'échantillons et validation du logiciel
- UCL – GCE, secteur hydraulique :
  - Programmation de l'algorithme
  - Spécifications du logiciel
- UCL – ISYS :
  - Développement de l'interface homme - machine



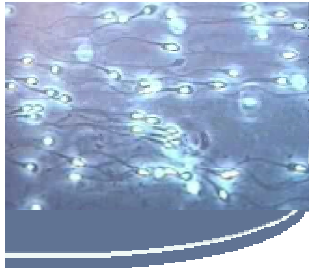
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Plan de la présentation

- L'analyse spermatique
  - Définition et applications
  - Méthodes
- Projet Vitality
  - Objectifs et partenaires
- Imagerie digitale
  - Méthode Voronoï
  - Matériel d'acquisition
  - Résultats
- Conclusion



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



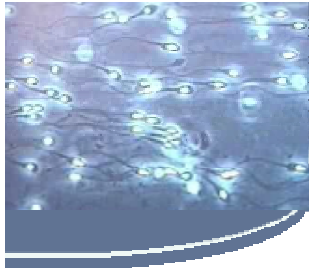
## Méthode (1)

### □ Applications « génie civil » :

- Caractérisation d'écoulements ayant un intérêt en génie civil : hydraulique fluviale, sédimentologie, mécanique des sols, ...
- Caractérisation de l'écoulement par suivi de particules

### □ Autres applications :

- Tout écoulement rencontré en laboratoire, en industrie ou dans le milieu naturel, et dont la caractérisation peut se ramener au suivi du mouvement de particules discrètes :
  - écoulements fluides ensemençés de particules traceuses
  - écoulements granulaires
  - écoulements de fluides biologiques



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (2)

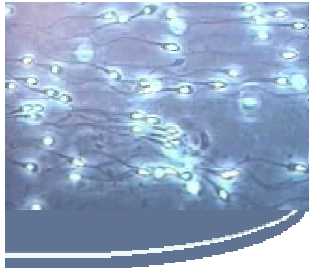
### □ Avantages :

- Méthodes non-intrusives; couverture de champ, et non mesure ponctuelle
- Technologies évoluant rapidement (coût, capacité)

### □ Spécifications :

- Écoulements denses, rapides et chaotiques
- Informations de chaque particule (Lagrangienne) indispensable

➡ Méthodes d'imagerie Voronoï



# VITALITY

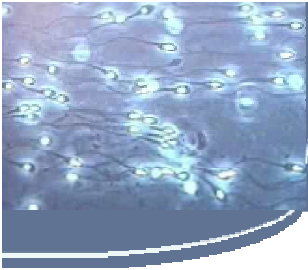
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Méthode (3)

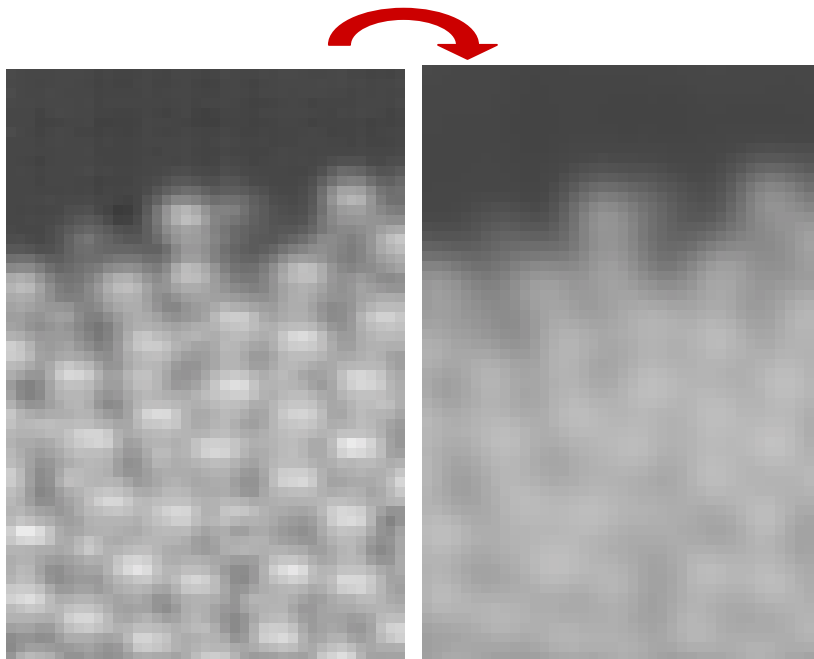
### □ Les deux étapes principales d'une méthode PTV

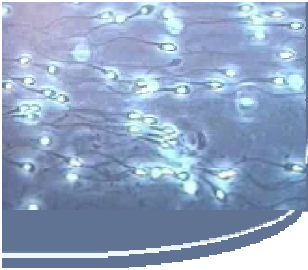
- Segmentation
  - Abstraction de l'image en un ensemble de « particules » discrètes, caractérisées par la position de leur centre.
- Suivi
  - Correspondance entre particules vues au temps  $t$  et  $t+dt$
  - Dérivation des vitesses
  - Reconstruction des trajectoires



## Méthode (4)

- Etape 1 : Identification des particules
  - 1. Filtre binomial à effet de lissage





# VITALITY

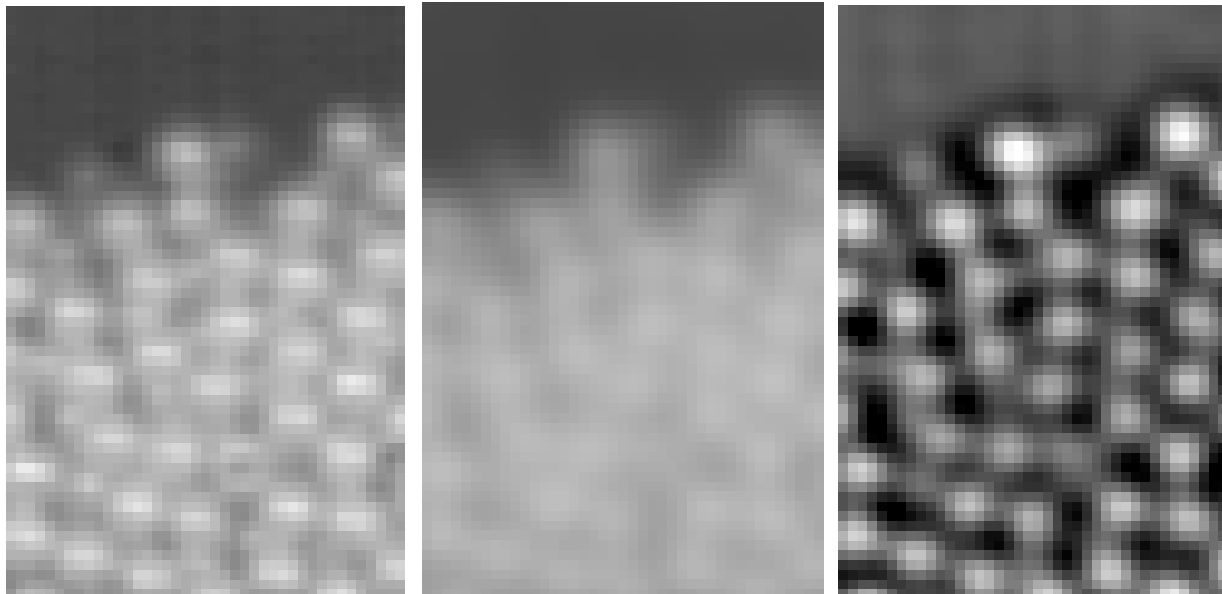
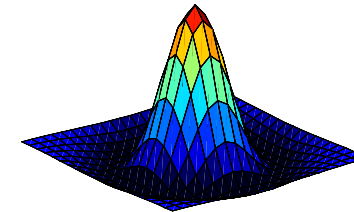
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique

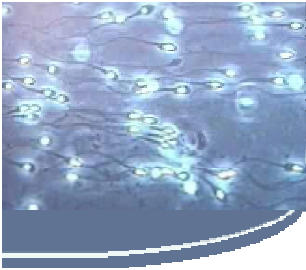


## Méthode (4)

### □ Etape 1 : Identification des particules

- 2. Operateur laplacien  
(↓ l'anisotropie, ↑ le contraste)





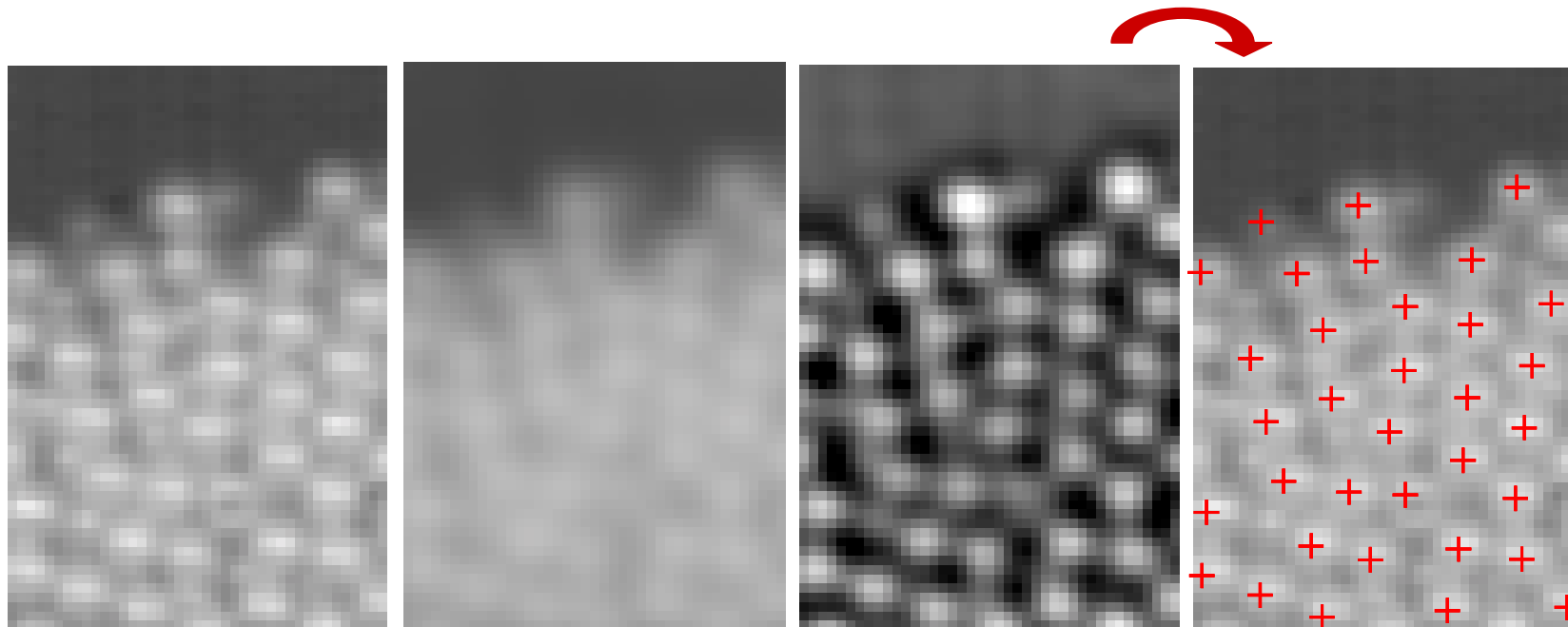
# VITALITY

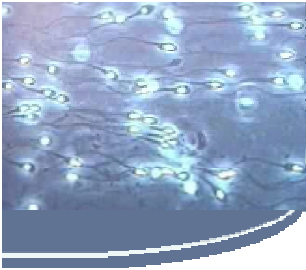
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (4)

- Etape 1 : Identification des particules
  - 3. Identification des pics (interpolation à l'échelle subpixel)





# VITALITY

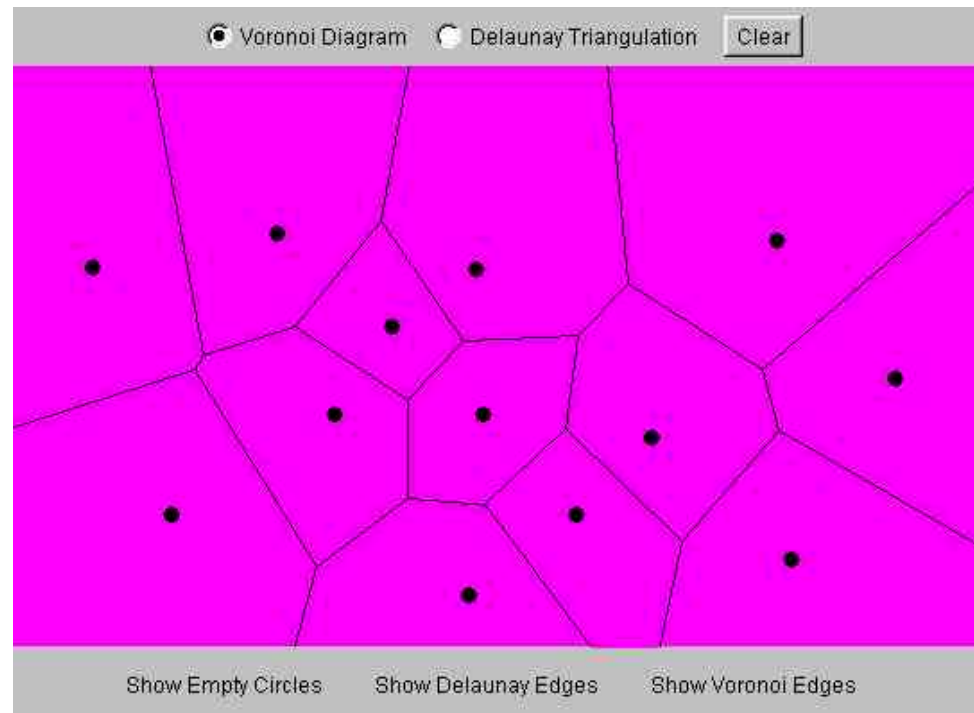
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique

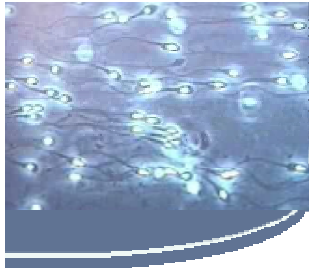


## Méthode (5)

### □ Etape 2 : Suivi

- Diagramme de Voronoï : divise l'espace en "zones d'influences" des particules





# VITALITY

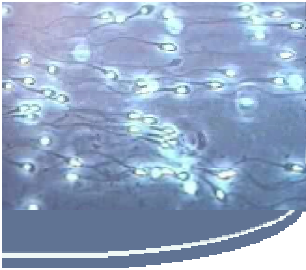
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Méthode (6)

### □ Etape 2 : Suivi

- Idée de base :
  - Les cellules de Voronoï sont utilisées comme motifs indicateurs de l'arrangement local des particules
  - Cette propriété est exploitée pour élaborer des méthodes robustes de suivi de particules
- Qualitativement :
  - L'idée est de faire correspondre des particules voisines, qui sont caractérisées par des cellules de Voronoï de forme similaire sur des images successives



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

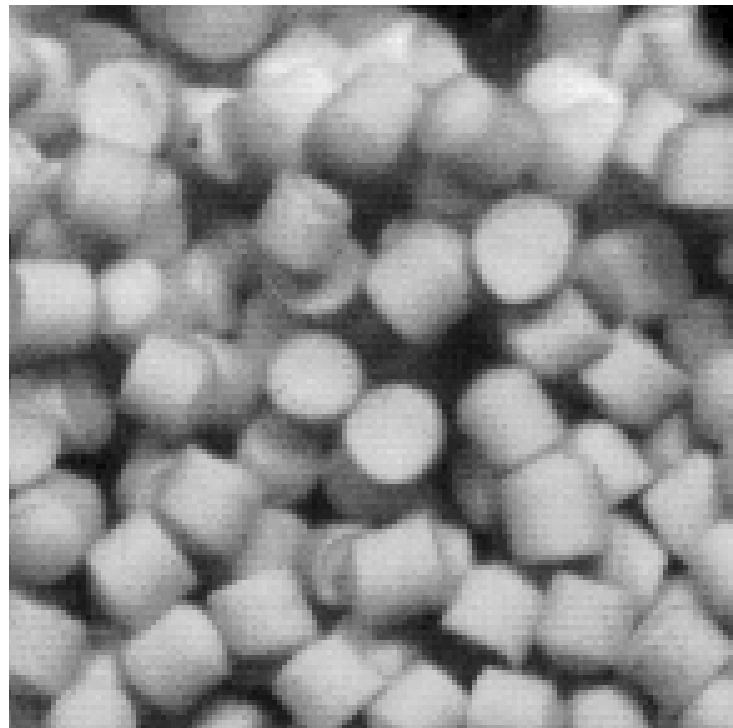
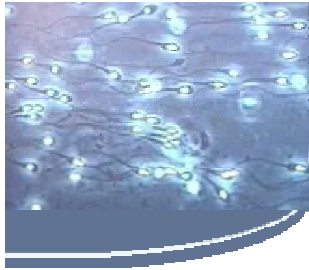


Image au temps  $t$



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

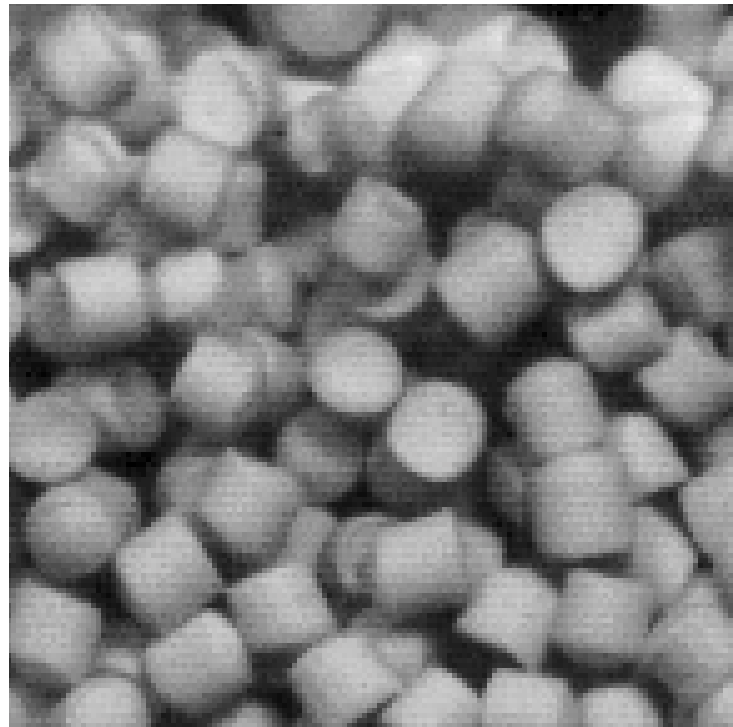
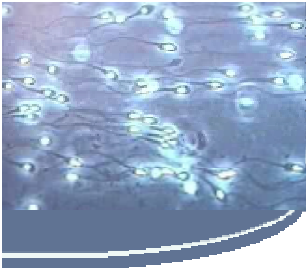


Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

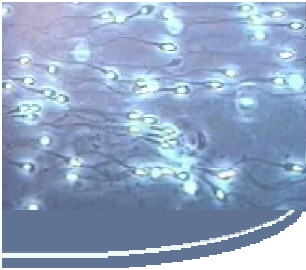
### □ Illustration



Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$

Filtre binomial



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

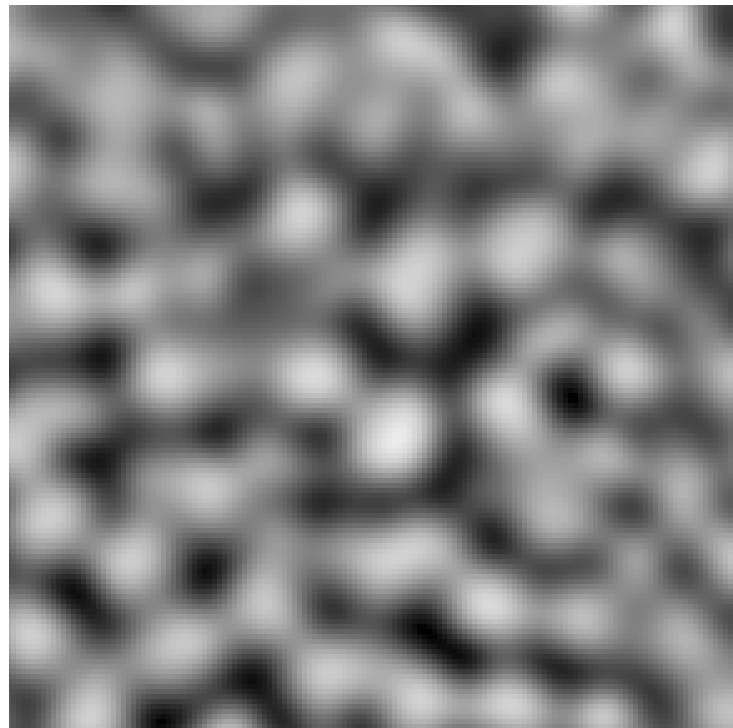
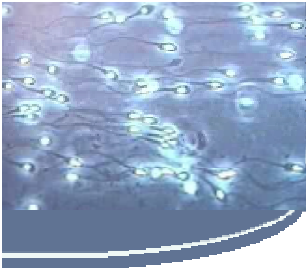


Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$

Filtre binomial

Filtre laplacien



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

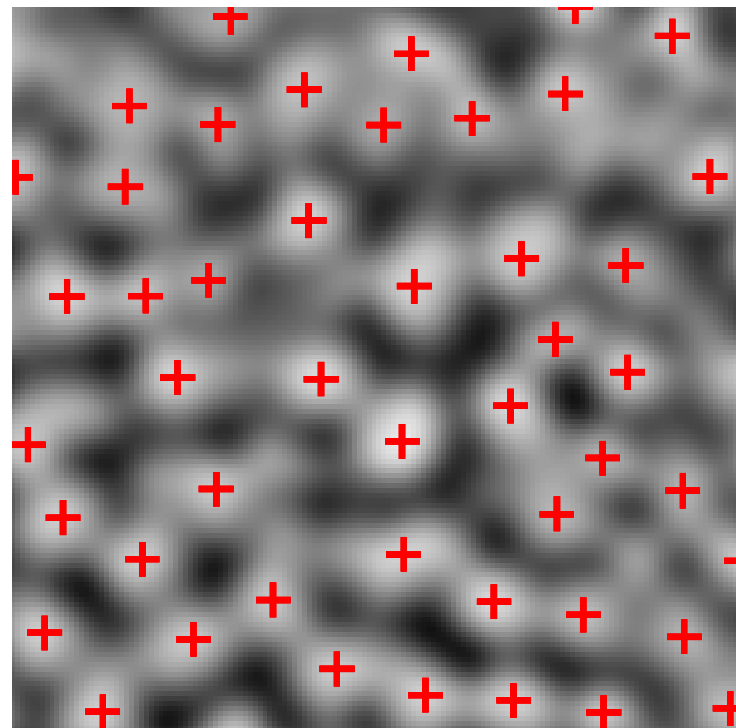


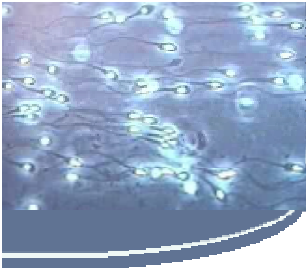
Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$

Filtre binomial

Filtre laplacien

Identification des particules



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

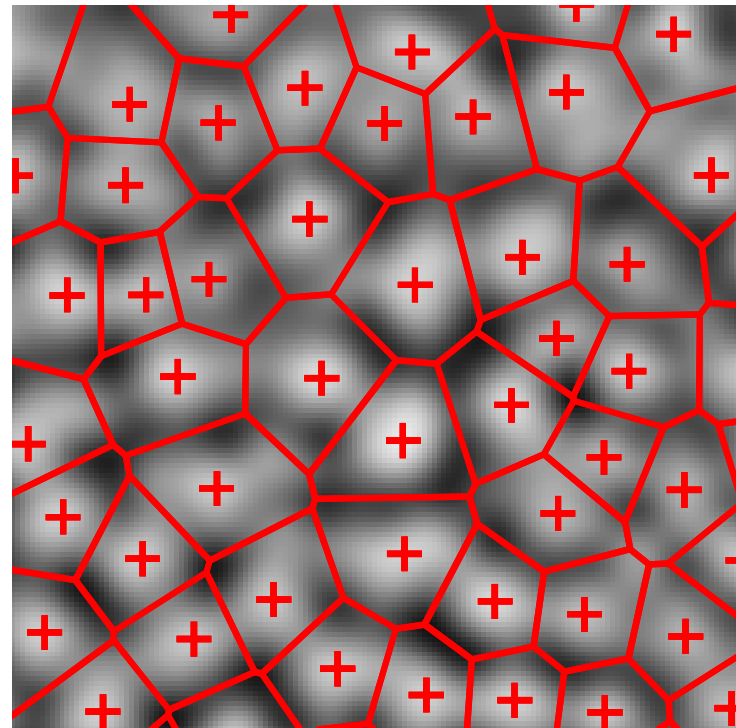


Image au temps  $t$

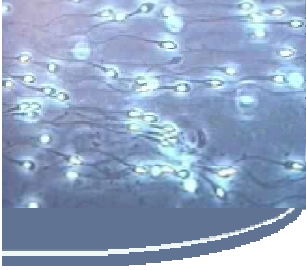
Image au temps  $t + \Delta t$

Filtre binomial

Filtre laplacien

Identification des particules

Diagramme de Voronoï au temps  $t$



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

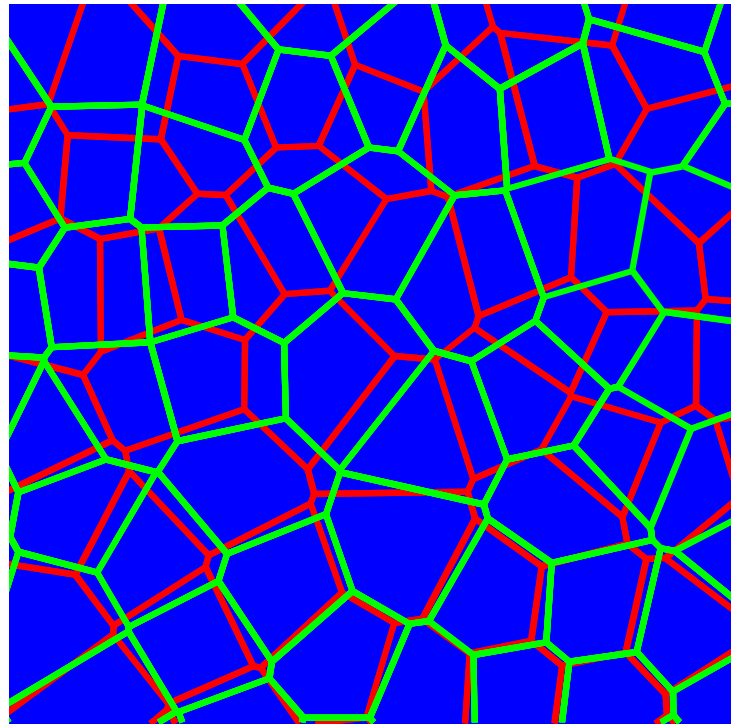


Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$

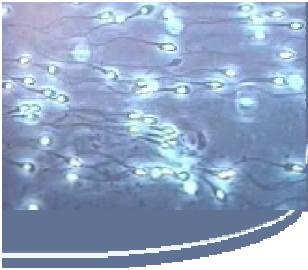
Filtre binomial

Filtre laplacien

Identification des particules

Diagramme de Voronoï au temps  $t$

Diagramme de Voronoï au temps  $t + \Delta t$



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

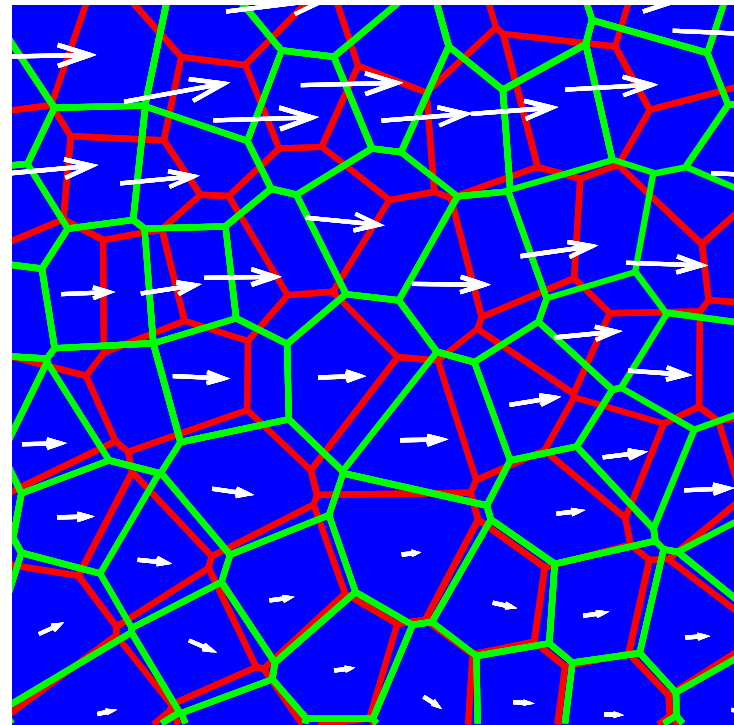


Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$

Filtre binomial

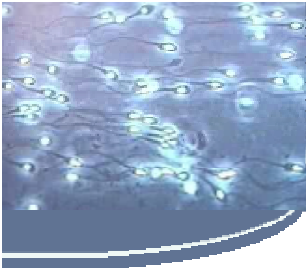
Filtre laplacien

Identification des particules

Diagramme de Voronoï au temps  $t$

Diagramme de Voronoï au temps  $t + \Delta t$

Correspondance



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Méthode (7)

### □ Illustration

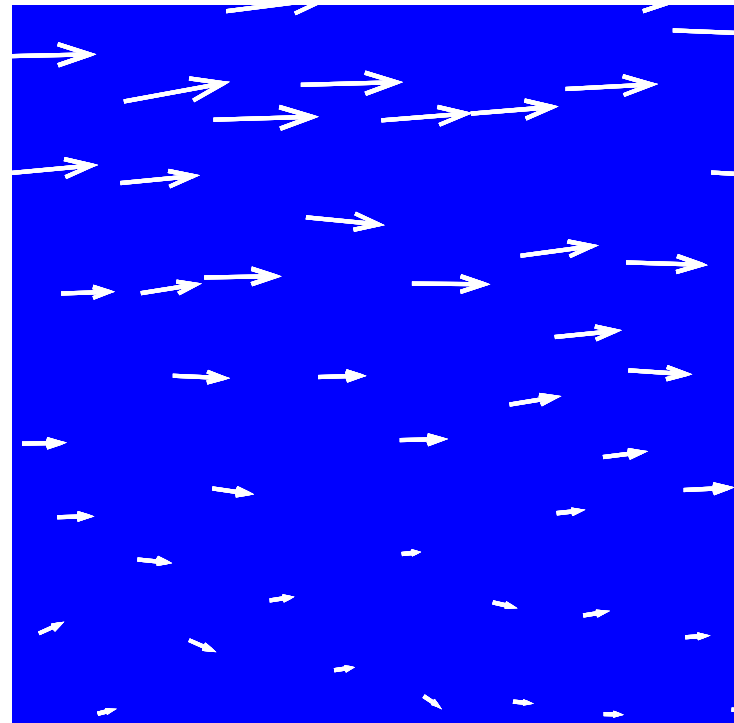


Image au temps  $t$

Image au temps  $t + \Delta t$

Filtre binomial

Filtre laplacien

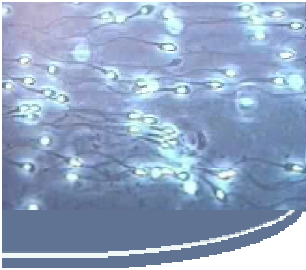
Identification des particules

Diagramme de Voronoï au temps  $t$

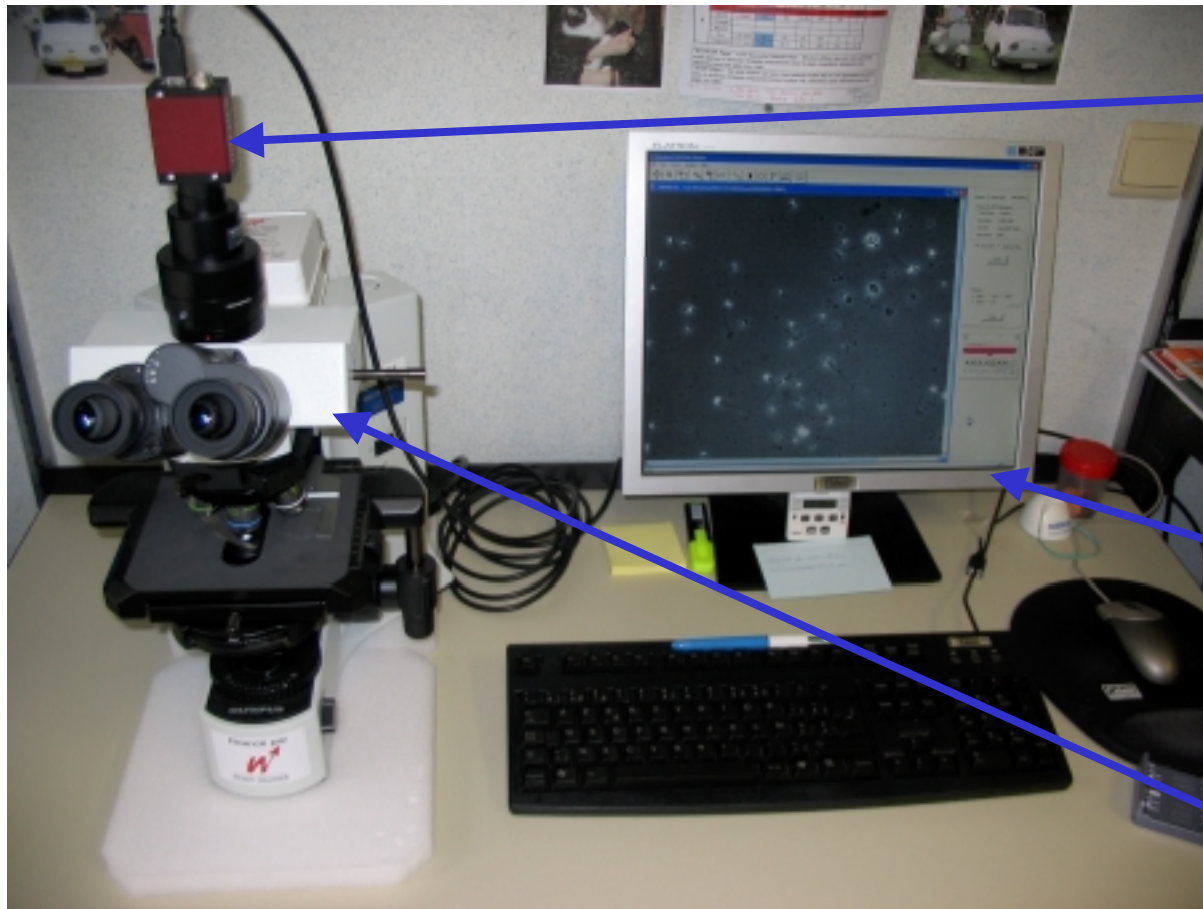
Diagramme de Voronoï au temps  $t + \Delta t$

Correspondance

Obtention des vitesses



## Matériel d'acquisition (1)

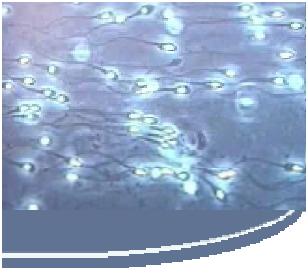


Caméra digitale  
FireWire :

- 800 x 600 pixels
- 30 images/sec.

Ordinateur  
d'acquisition

Microscope à  
contraste de phase



# VITALITY

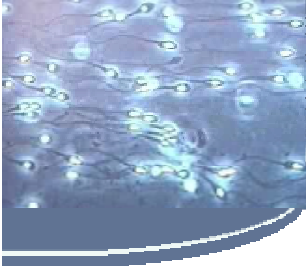
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Matériel d'acquisition (2)

Lames porte objets à épaisseur prédéterminée 12 et 20  $\mu\text{m}$  d'épaisseur





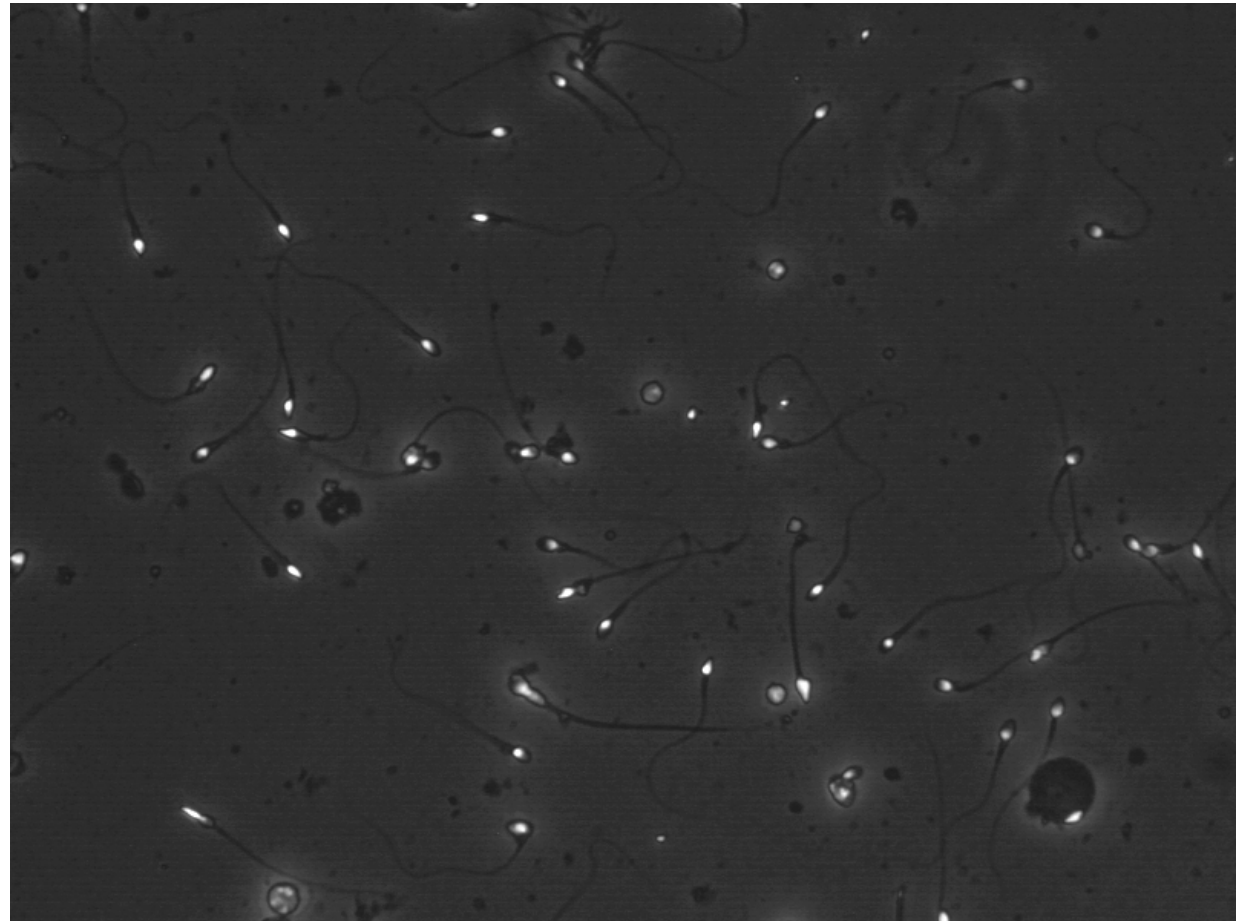
# VITALITY

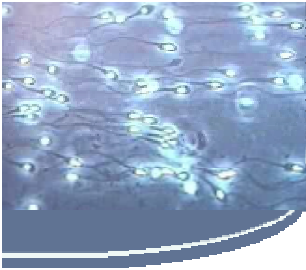
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Résultats (1)

□ Séquence obtenue





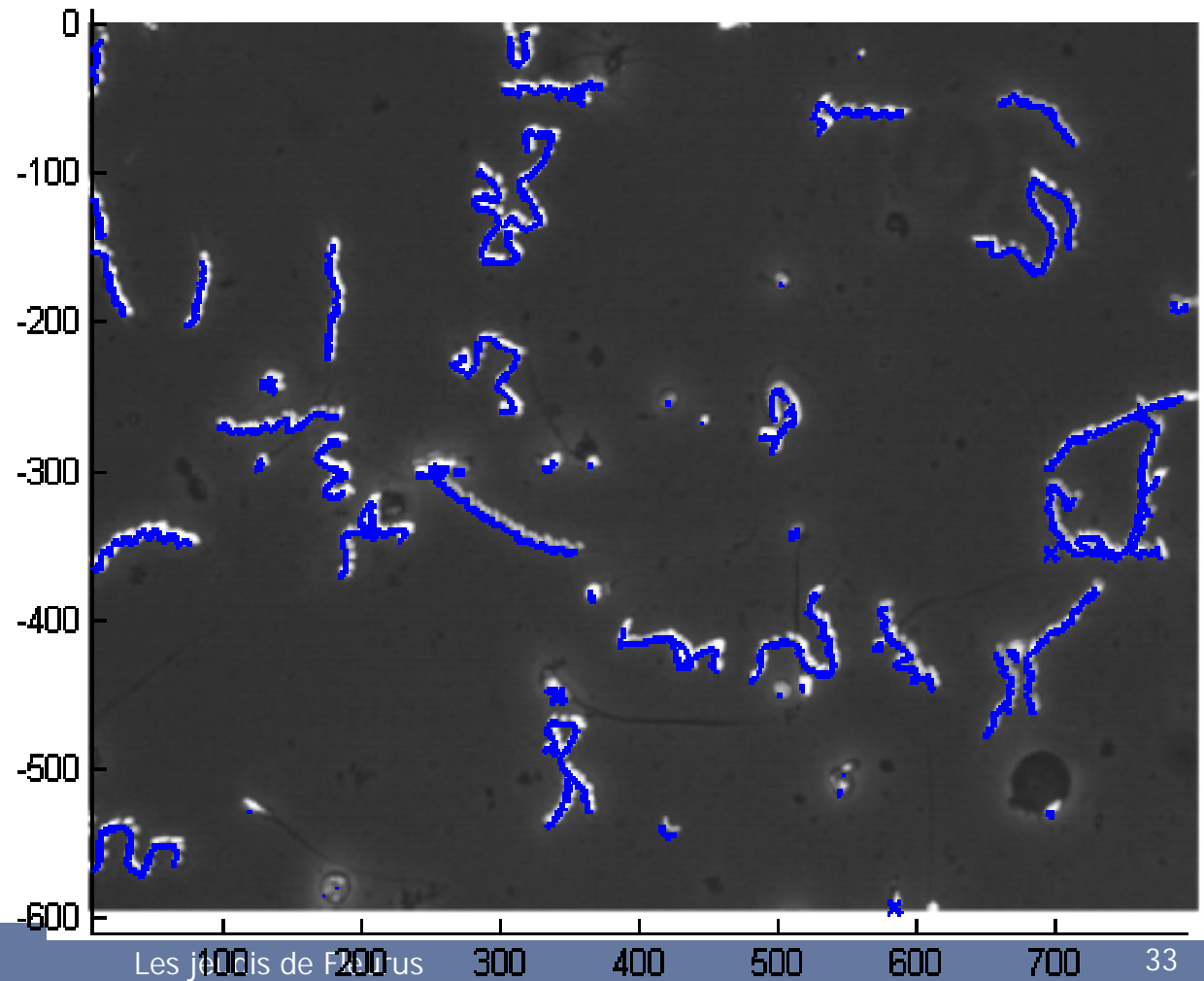
# VITALITY

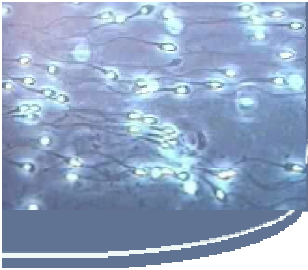
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Résultats (2)

- Reconnaissance et suivi





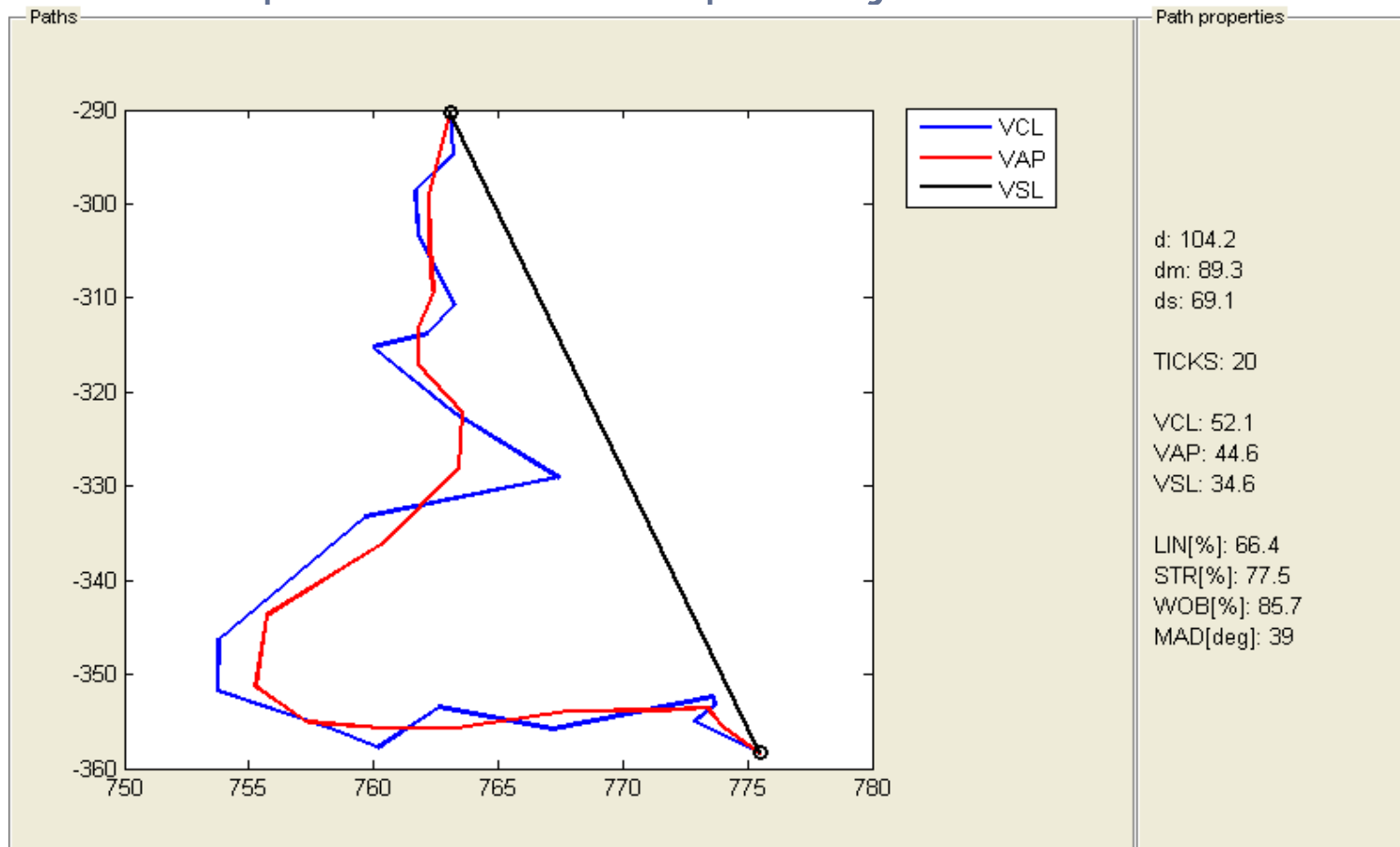
# VITALITY

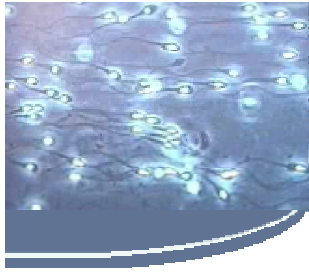
Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique



## Résultats (3)

- Informations précises sur chaque trajectoire





# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique

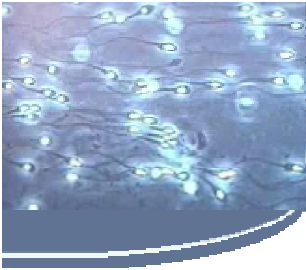


## Résultats (4)

### □ Critères de classifications des spermatozoïdes :

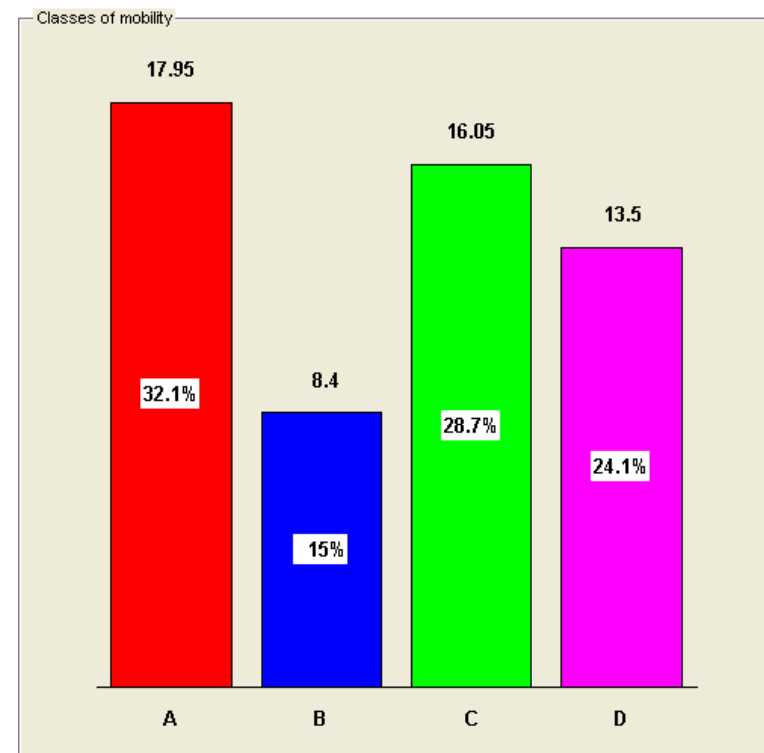
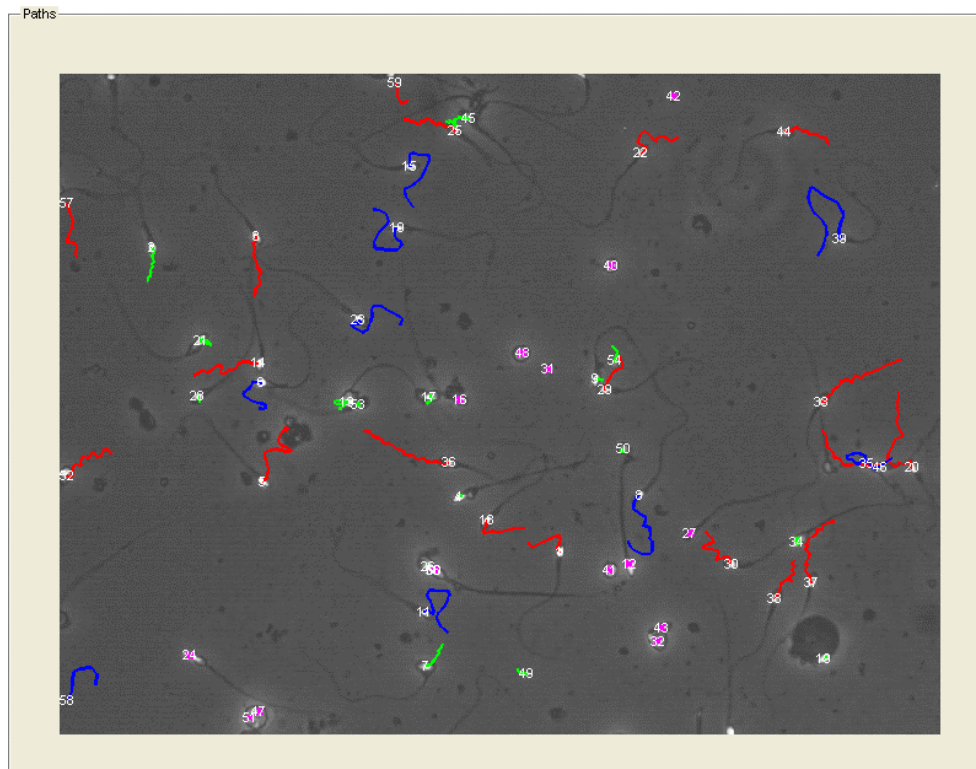
- Grade a : rapides et progressifs, vitesse  $> 22 \mu\text{m}/\text{sec}$
- Grade b : lents ou faiblement progressifs, vitesse  $5 - 22 \mu\text{m}/\text{sec}$
- Grade c : mobiles mais non progressif, vitesse  $< 5 \mu\text{m}/\text{sec}$
- Grade d : immobiles

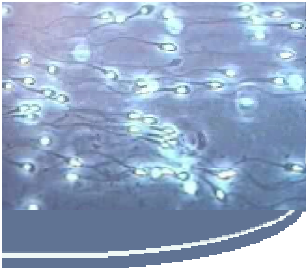
➡ D'autres paramètres sont disponibles par imagerie digitale :  
les critères de classification peuvent être raffinés



## Résultats (5)

### □ Classification des spermatozoides et résultats statistiques





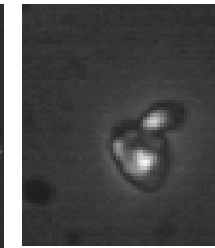
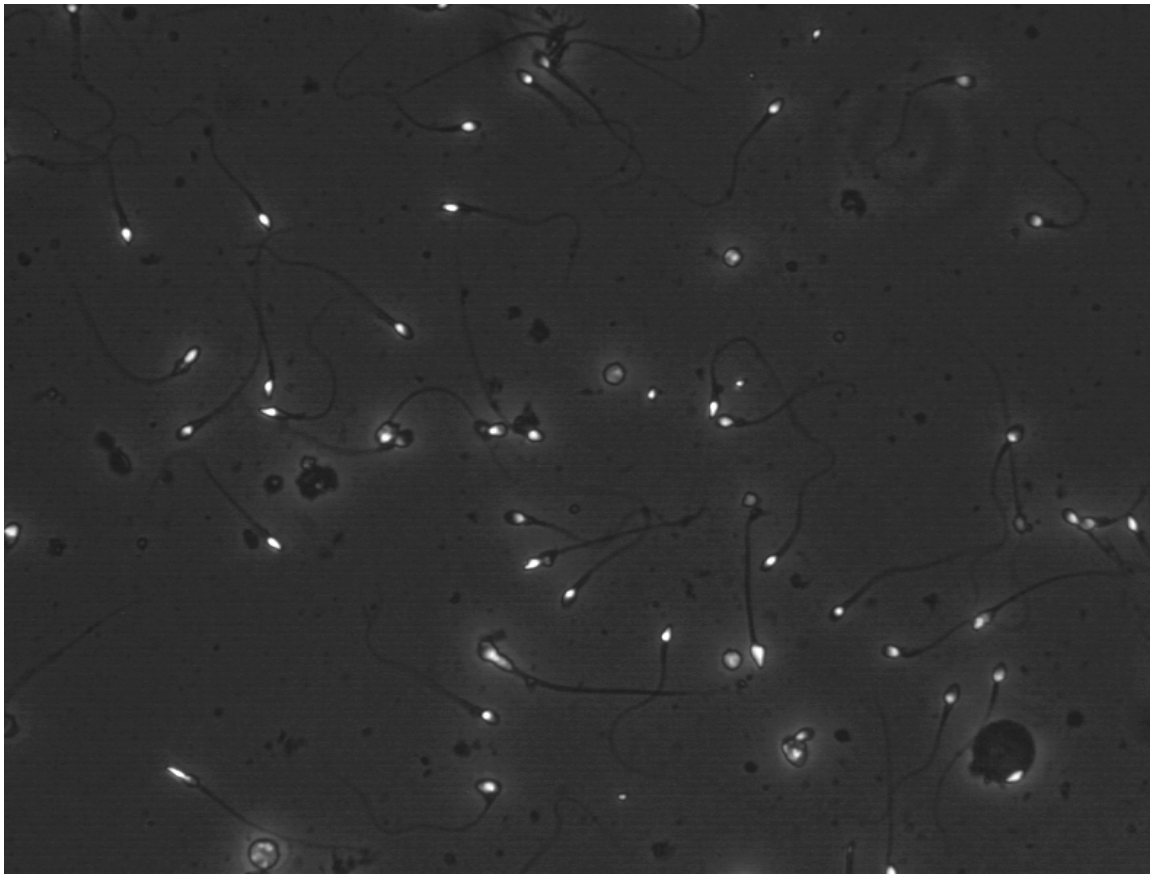
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse de mobilité spermatique

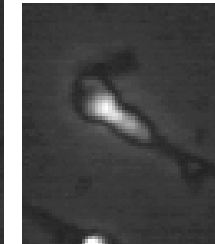


## Résultats (6)

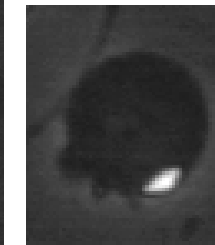
❑ Problème : identification des cellules



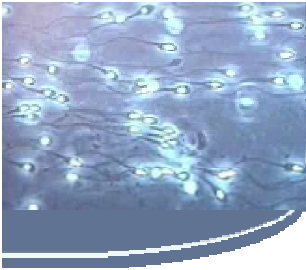
Cellules  
identifiables



Spermatozoïdes  
ressemblant à  
une cellule

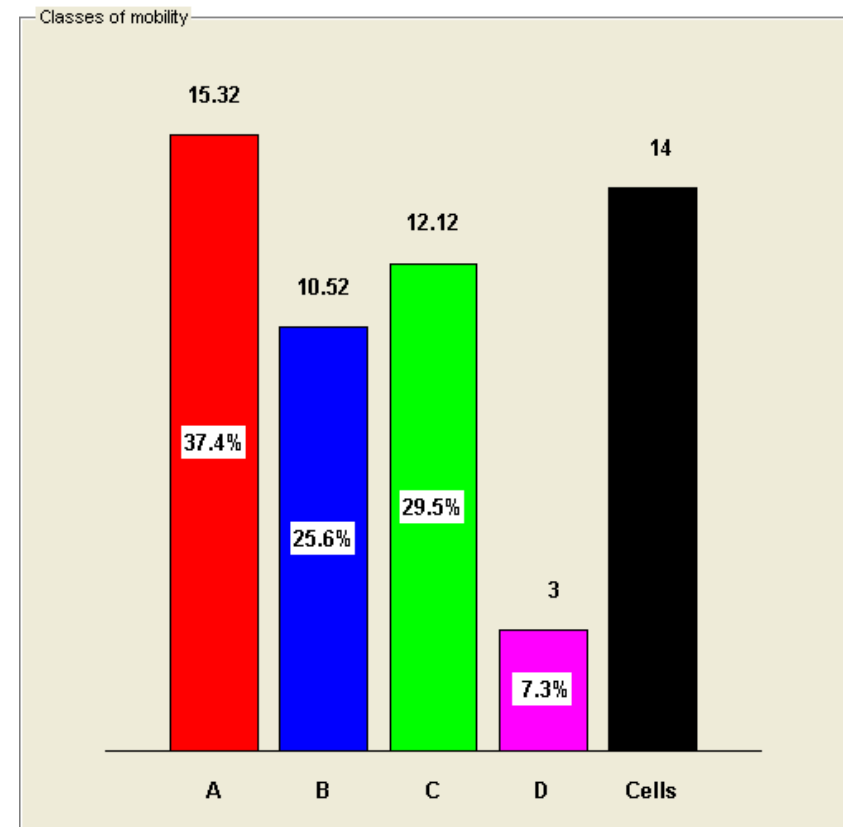
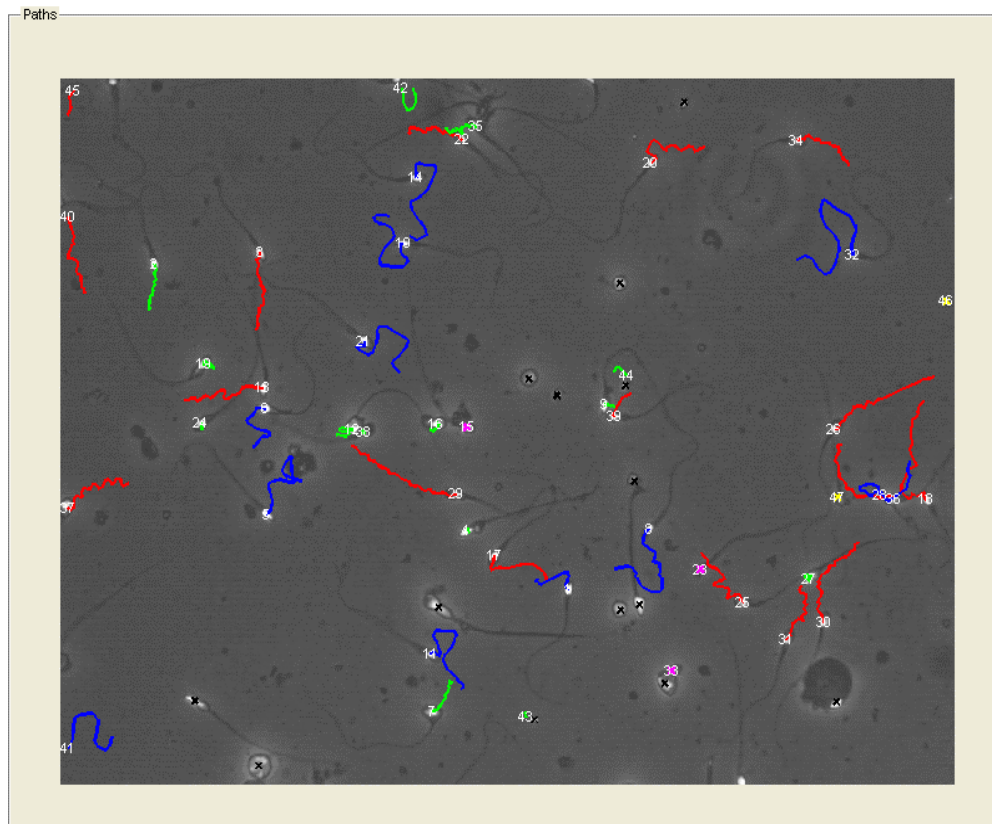


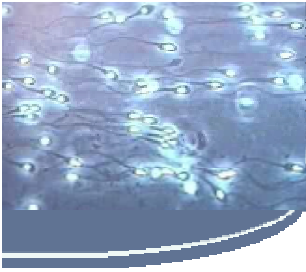
Cellules  
ressemblant à un  
spermatozoïde



## Résultats (7)

### □ Identification semi-automatisée des cellules





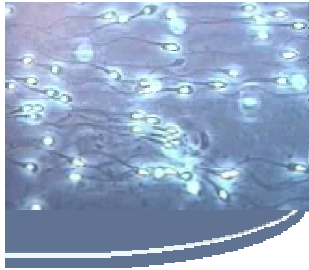
# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Plan de la présentation

- L'analyse spermatique
  - Définition et applications
  - Méthodes
- Projet Vitality
  - Objectifs et partenaires
- Imagerie digitale
  - Méthode Voronoï
  - Matériel d'acquisition
  - Résultats
- Conclusion



# VITALITY

Techniques d'imagerie Voronoï pour l'analyse  
de mobilité spermatique



## Conclusion

- Acquisition de séquences de très bonne qualité
- Imagerie Voronoï bien adaptée à l'analyse spermatique : résultats prometteurs
- Informations précises sur les trajectoires : critères de classifications plus précis envisageables
- Identification semi-automatisée des cellules
- Suite du projet :
  - Optimisation de l'algorithme
  - Amélioration de la détection des cellules
  - Développement de l'interface
  - Validation du logiciel