

# Intégration de mesures de l'attention par l'analyse du suivi oculaire pour le soutien à l'apprentissage dans un problème en sciences physiques

Fethi Guerdelli  
Doctorant en informatique cognitive  
UQAM

## Plan

- Introduction
- Problématique
- Objectifs
- Méthodologie
- Le suivi oculaire
- Cadre expérimental
- Conclusions

# Introduction

## **Dialogue entre humain et ordinateur est limité et déséquilibré**

- L'humain s'exprime par le clavier et la souris
- L'ordinateur présente ses résultats/sorties sur écran, peut inclure des animations et des sons...
- Besoin de plus de moyens pour tenir en compte les facteurs humains :
  - Gestes
  - Expression faciales
  - État physique
  - ...

# Introduction

- Il existe plusieurs dispositifs pour améliorer la 'perception' chez l'ordinateur :
  - Capteur physiologiques
    - Fréquence respiratoire
    - Volume sanguin
    - Électro-encéphalographie
    - Conductivité de la peau
  - Dispositif de suivi oculaire :  
l'oculomètre (*eye-tracker*)

# Problématique

- Comment offrir une aide adéquate pour un meilleur transfert de connaissances
- Comment saisir des indicateurs reflétant l'état de l'apprenant
- Comment se rendre compte des difficultés de l'apprenant
- Comment l'apprenant 'raisonne'
  
- Cas: Environnement d'apprentissage un cours de physique quantique (effet photoélectrique)
- Utiliser le suivi oculaire pour évaluer l'attention et la compréhension des étudiants lors de leurs apprentissages
- Un diagnostic en temps réel des difficultés de l'apprenant
- Déclencher une aide dont l'utilité sera jugée par les étudiants
- On se base essentiellement sur ce que l'apprenant :
  - a vu
  - combien de temps passé pour lire (ou regarder) les sections
  - combien de va et vient effectué entre deux éléments

# Objectifs

- Rendre les outils didactiques plus efficaces
- Adapter le matériel didactique aux besoins de chaque apprenant
- Prendre en compte le comportement de l'apprenant
- Améliorer la qualité du soutien en fonction des rétroactions de l'apprenant

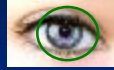
# Méthodologie

- 20 étudiants ayant une vision normale
- Mise en situation d'apprentissage selon un protocole préalablement validé dans le cadre d'un cours de physique
- Enregistrer en continu les mouvements oculaires générées lors de la lecture ou de l'exploration d'une scène visuelle
- Développement de scénarios d'apprentissage pour les apprenants en incluant des informations de tests pour évaluer leur compréhension.
- Mise à l'essai du scénario et collecte de données avec l'oculomètre
- Le professeur aide l'étudiant au besoin : surveille l'apprenant et offre de l'aide
- Développement d'un modèle d'analyse des données recueillies sur les états cognitifs de l'apprenant, attention, conflit cognitif, compréhension, motivation
- Développement du modèle d'aide inspiré par l'aide apportée le professeur durant l'interaction.

# Le suivi oculaire

- **La lecture** : déplacer progressivement les yeux par enchaînements de saccades et de fixations.
  - **Saccade** : saut d'un mot à l'autre
  - **Fixation** : temps d'arrêt sur un mot d'une durée de 200 à 250ms
- Pendant la fixation, l'oeil a accès à 3 régions :
  1. La région fovéale : la région du point de fixation + 2 degrés autour de ce point (1 degré correspond à 3 ou 4 lettres)  
à entre 6 et 8 lettres sont dans le focus
  2. La région parafovéale : s'étend à 15 – 20 lettres (~5 degrés)
  3. La région périphérique : comprend tout ce qui est dans le champ de vision au-delà de la région parafovéale (Rayner & Sereno, 1994)

# L'empan perceptif



Vision périphérique

Vision fovéale

Vision parafovéale

Chercher à se justifier quand **on n'est pas coupable**, c'est s'accuser.

# La lecture

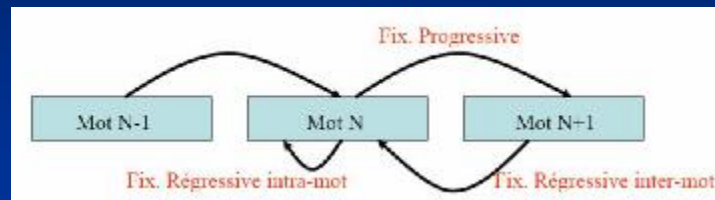
- La lecture est une activité complexe : {processus automatisés, inconscients}
- Nécessite une séquence de sous processus:
  - Perception, identification des lettres, mots
  - Reconnaissance des mots et accès à la signification
  - Construction de plusieurs niveaux de représentation mentale (syntaxique, sémantique, référentielle)
  - Intégration des informations de la mémoire

« La lecture est la **capacité** d'extraire de l'information visuelle à partir de la page afin de **comprendre** le texte »

(Rayner & Pollatsek, 1989)

# La lecture

- L'œil se déplace vers la cible pour avoir la meilleure acuité visuelle, ce saut est une saccade



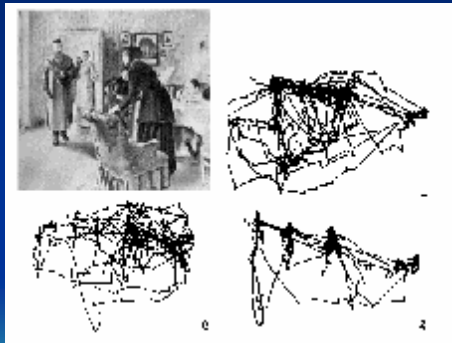
Thierry BACCINO De la lecture textuelle à la lecture électronique: Apports de l'oculométrie cognitive

## • Utilité de l'enregistrement des mouvements oculaires

- Composants fondamentaux de l'analyse oculométrique
  - **Fixations** : traitements cognitifs
  - **Saccades** : mécanismes perceptifs et oculomoteurs



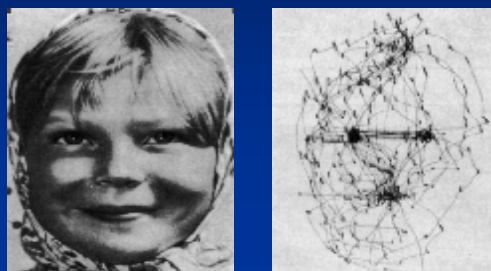
## Utilité de l'enregistrement des mouvements oculaires



1. Exploration libre
2. Statut social
3. Âge

Yarbus (1967) : un des premiers à avoir analysé les trajectoires oculaires (*Scanpaths*) que réalisaient des sujets lorsqu'on leur posait des questions qui orientaient leur attention vers certains éléments de la scène visuelle.

## Utilité de l'enregistrement des mouvements oculaires



Mode d'exploration oculaire d'une image

Les yeux et le nez sont les parties du visage les plus explorées

( Yarbus, 1967).

# Les mesures oculaires

## La régression (skipping)

- Revisiter une cible déjà fixée
- Saccade faisant passer le regard de la cible actuelle vers une cible précédente
- Soulève l'existence des mécanismes internes demandant plus de précisions sur une information déjà observée
- Une révision est nécessaire pour comprendre ou établir un lien entre les différents éléments en cours d'observation

## La refixation

- Fixer la même zone plusieurs fois avant de passer à un autre zone

# Les mesures oculaires

## Le scanpath ou chemin oculaire

- Séquence ordonnée de fixations et de saccades
- Repérer l'ordre des opérations mentales
- Renseigne sur la séquence des éléments extraits pour construire la représentation mentale

## Matrice de transitions

- Fréquence avec laquelle le regard passe d'une zone d'intérêt à l'autre (Viviani, 1990)
- Témoigne des déplacements attentionnels et des stratégies d'inspection du sujet

# Données produites

The image shows two software windows. The 'Data File Configurations' window on the left has two tabs: 'EyeData File' and 'EyeHeadIntegrationData File'. Under 'EyeData File', several fields are checked, including 'NDIAT', 'pupil\_diam', 'horz\_gaze\_coord', 'vert\_gaze\_coord', 'hdisk\_X', 'hdisk\_Y', 'hdisk\_Z', 'hdisk\_az', 'hdisk\_el', 'hdisk\_rl', 'DU\_video\_fold\_num', 'pupil\_pos\_horz', 'pupil\_pos\_vert', 'pupil\_height', 'ot\_pot\_horz', 'ot\_pot\_vert', 'ot\_diam', 'ejeplol\_x', and 'ejeplol\_y'. Under 'EyeHeadIntegrationData File', fields like 'aux\_senso\_X', 'aux\_senso\_Y', 'aux\_senso\_Z', 'aux\_senso\_az', 'aux\_senso\_el', 'aux\_senso\_rl', 'pan\_position', and 'tilt\_position' are listed with checkboxes. The 'Crystal Reports' window on the right displays a data table with the following columns: Pupille, Oculaire, Dioptre, Sensibilité, Type, Date, Pupille, Date. The table contains multiple rows of numerical data.

# Représentation visuelle des données

The image shows a screenshot of the Carlson Wagonlit Travel website. Several sections are highlighted with blue boxes and arrows pointing to a label 'Zones d'intérêts'. The highlighted sections include:
 

- 'Reservez vos billets d'évasion par' with sub-sections for 'DESTINATION', 'TEMPS LIBRE', and 'BUDGET'.
- 'Offres spéciales, tarifs hors taxes' with a sub-section for '150 000 vols à prix discount'.
- 'Nos partenaires' with a list of partners including 'Porte-avion Voyages', 'Location de voitures', 'Traitement sportif', 'La Route du Voyage', 'Informations Pratiques', and 'Partenaires locaux'.
- A list of services: 'Savoir votre itinéraire', 'Assurance voyage', 'Assurance rapatriement', 'Assurance annulation', 'Assurance bagages', and 'Assurance responsabilité civile'.

# Cadre expérimental

- Situation d'apprentissage et d'évaluation utilisant le logiciel de simulation Phet: "l'effet photoélectrique"
- *Simulations pédagogiques interactives en ligne*
- *PhET expérimentations en sciences physiques 'virtuelles' et interactives*
- *Vulgarise des notions souvent complexes*



Physics Education Technology  
UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER

# Simulateur PhET

The screenshot displays the PhET simulation interface for 'The Photoelectric Effect'. The main window shows a vacuum tube setup with a light source, a battery, and a voltmeter. The light source is labeled 'Intensity' and '40 W/m²'. The battery is labeled '4.00 V'. The voltmeter is labeled 'Current: 0.563'. The simulation is set to 'sodium' and 'show the highest energy electrons'. Three graphs are visible: 'Current vs. battery voltage', 'Current vs. light intensity', and 'Electron energy vs. light frequency'. The 'Current vs. battery voltage' graph shows a red dot at approximately (-1.5, 0.563). The 'Current vs. light intensity' graph shows a green dot at approximately (1.0, 0.563). The 'Electron energy vs. light frequency' graph shows a blue line starting at approximately 2.3 eV.

## La simulation

- Un outil didactique puissant pouvant améliorer l'enseignement de la physique
- Permet la visualisation de phénomènes scientifiques et la construction des modèles scientifiques (Beaufils, 2001)
- Favorise l'expérimentation : condition difficiles en laboratoire, coût élevé ou trop dangereuses (Strauss et Kinzie, 1994)
- Peut contribuer au changement conceptuel (Windschitl et Andre, 1998)
- Fournir des expériences ouvertes pour des étudiants (Sadler et al. 1999)

## Mise en situation

- But : enseigner une nouvelle notion
  - Viser le conflit cognitif
- Départ : notions en mécanique classique
- Manipulation du simulateur
  - Introduire la mécanique quantique
- Résultat : conflit cognitif
- Interpréter le phénomène
- Réviser ses hypothèses
- Assimiler la nouvelle notion
  
- *Enregistrer les mouvement oculaires à chaque étape*

## Conclusion

- Analyse des données oculométriques
- Faire ressortir les liens entre la navigation et les situations de conflits cognitifs
- Identifier des catégories de problèmes possibles dans l'apprentissage
- Dégager certaines règles permettant un diagnostic automatisé (fouille de données) et la formulation d'aides personnalisées
- Identifier certaines améliorations à apporter tant au protocole qu'au simulateur en lui-même

Merci

