

LIVRE BLANC

DE L'USAGE DES TABLEAUX NUMERIQUES INTERACTIFS

Rapport final du projet d'étude concernant

LA LECTURE SUR TABLEAUX NUMERIQUES INTERACTIFS (TNI)

Réalisé par le laboratoire LUTIN à la demande du Ministère de
l'Education Nationale, de la Jeunesse et de la Vie Associative et du
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Lutin Userlab
Cité des sciences et de l'industrie



MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

(Septembre 2011)

AVANT-PROPOS

PAR THIERRY BACCINO

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE DU LUTIN ET PROFESSEUR DE PSYCHOLOGIE
COGNITIVE DES TECHNOLOGIES NUMERIQUES

3 Les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) sont entrées en classe depuis un certain temps et les enseignants modifient peu à peu leur façon d'enseigner en essayant d'intégrer ces nouveaux supports de connaissance. D'ordinaire, ces nouvelles technologies sont perçues comme une amélioration du système pédagogique classique en apportant plus de dynamisme, plus de richesse au contenu l'agrémentant de schémas interactifs, de vidéos ou de sons. L'interactivité généralement clamée semble constituer la source d'un contenu plus explicite et plus proche du réel vécu par l'élève mais est-ce toujours la réalité ? Probablement encore faut-il pouvoir s'en assurer en évaluant l'usage de ces technologies et leur adéquation aux capacités de l'élève. Comme le dit le proverbe, « le mieux est l'ennemi du bien », seulement dans le cas

où le mieux est mal maîtrisé et inadéquat à son usage. Est-ce le cas pour ces nouvelles technologies ?

Le projet d'étude présenté ici a pour ambition d'évaluer un seul dispositif de ces NTIC (le **Tableau Numérique Interactif**) en fonction d'une activité courante en classe : la **lecture**. Cette évaluation porte sur les aspects cognitifs de l'usage des TNI en classe de CP et en 6^{ème}. Afin de conserver un cadre scientifique et objectif des mesures effectuées lors de l'évaluation, le projet a consisté à construire *ex-nihilo* un ensemble de tests qui prennent en compte 3 dimensions fondamentales dans l'activité de lecture et de compréhension : la **visibilité** (perception d'un signal lumineux), la **lisibilité** (reconnaissance de lettres et de mots) et la **compréhension** textuelle. Dans les perspectives du projet européen PISA, l'ambition de cet outil d'évaluation est également d'être applicable et modulable à d'autres situations de lecture et sur d'autres supports (tablettes, écrans,...). Il est donc en constante évolution de manière à s'adapter aux nombreuses activités possibles sur supports électroniques.

REALISATION

Pilotage du projet

Thierry Baccino, Directeur scientifique du LUTIN, Professeur de Psychologie cognitive des Technologies Numériques, Université Paris VIII.

Réalisé avec l'aide du Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse, de la Vie Associative et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (Convention n°056 15 juin 2010 signée entre le MESR et l'Université Paris VIII, laboratoire LUTIN)

Gilles Braun, Expert de haut niveau auprès du directeur de l'enseignement scolaire, MENJVA

Jean-Yves Capul, sous-directeur des programmes d'enseignement, de la formation des enseignants et du développement numérique, MENJVA

Coordination, suivi scientifique et rédaction du livre blanc

Olga Megalakaki, Maître de Conférences en Psychologie Cognitive, Université Amiens.

Moussa Diarra, Doctorant en Psychologie Cognitive, Université Paris VIII.

Léa Pasqualotti, Doctorante en Psychologie Cognitive, Ergonome Université Paris VIII.

Conception des tests et réalisation des expérimentations

Liliana Rico Duarte, Maître de Conférences en Psychologie Cognitive, Université Paris VIII.

Gérard Kubryk, Docteur en Informatique, Doctorant en Psychologie Cognitive, Université Paris VIII.

Anne Ronsheim, stagiaire, Université Paris VIII – EPHE.

Fabien Ruggieri, stagiaire, Université Paris VIII – EPHE.

Georges Fotiadis, stagiaire, Université Amiens.

Catherine Binon, stagiaire, Université Amiens.

REMERCIEMENTS

Le LUTIN remercie vivement l'ordonnateur du projet M. Gilles Braun et Corinne Martignoni (Ministère de l'Education Nationale) pour leur soutien apporté tout au long du projet.

Le LUTIN remercie également les différents établissements, enseignants et élèves ayant participé aux expérimentations :

Ecole élémentaire de Penchard (77)

Ecole élémentaire de Bouleurs (77)

Ecole élémentaire de Pierre-Levée (77)

Ecole élémentaire de Couilly-pont-aux-dames (77)

Ecole élémentaire de Basseville (77)

Collège Françoise Giroud, Vincennes (94)

Le LUTIN tient à remercier, M. Claudio Cimelli, Délégué Académique aux TICE, Mme Josselyn Bellicaud, Conseiller Pédagogique Départemental Nouvelles Technologies (94), M. Jean Capillon, Conseiller Technique de l'académie de Créteil, ainsi que l'ensemble des Inspecteurs d'Académie des académies de Seine-et-Marne et du Val-de-Marne qui ont donné leur accord pour la réalisation des

expérimentations dans les classes et fourni les contacts des différents établissements disposant de TNI.

Le LUTIN souhaite également remercier Geneviève Marouby, Maître de conférences à l'IUFM de Créteil, pour son aide dans la recherche d'établissements susceptibles de nous accueillir.

Remerciements enfin à M. Allouche, M. Sedbon et M. Le Dréau du Centre Départemental de Documentation Pédagogique du 92 pour leur accueil et les renseignements qu'ils nous ont fournis sur les TNI.

SOMMAIRE

DE L'USAGE DES TABLEAUX NUMERIQUES INTERACTIFS

6

AVANT-PROPOS.....	3
REALISATION	4
REMERCIEMENTS	5
PRESENTATION DU LIVRE BLANC	8
LECTURE ET TABLEAUX NUMERIQUES INTERACTIFS.....	9
Introduction à l'étude	9
La lecture, une activité en constante évolution.....	9
Les travaux sur la lecture électronique	9
Evaluation des TNI dans les classes : une étude du LUTIN.....	10
Qu'entend-on par visibilité, lisibilité et compréhension ?.....	11

Visibilité	11
Lisibilité	12
Compréhension	12
LES RECOMMANDATIONS DU LIVRE BLANC	14
Présentation des recommandations.....	14
Recommandations pour la visibilité.....	15
« Placer l'écran de manière à éviter les reflets»	16
« Utiliser les volets/stores pour occulter les fenêtres des classes »	18
« Projeter sur une surface mate et/ou antireflet ».....	18
« Incliner le tableau pour un meilleur confort visuel»	19
« Respecter un seuil de visibilité »	20
Recommandations pour la lisibilité.....	21
« Augmenter le confort visuel par le choix de la polarité »	21
« Utiliser une large taille des caractères sur TNI ».....	22
« Privilégier, à l'écran, une typographie sans empattements»	23
« Respecter un rapport hauteur/largeur des caractères de 1 :1 » ..	24
« Choisir la casse (MAJUSCULE/minuscule) en fonction de la tâche »	24

6

« Privilégier une disposition horizontale du texte ».....	25
« Choisir la bonne résolution d’affichage ».....	25
« Diversifier les tâches/ réduire le temps d’exposition sur TNI »	25
Recommandations pour la compréhension.....	26
« Bien choisir la justification des textes »	26
« Espacer les lignes des textes »	27
« Indenter les paragraphes »	28
« Eviter les phrases trop longues »	29
« Utiliser des images, des schémas... pour illustrer les textes »	30
« Adapter les supports d’apprentissage selon le contexte »	31
Recommandations générales.....	32
« Organiser l’espace de travail »	32
« Utiliser un tableau mixte »	33
« Utiliser des variateurs d’intensité pour l’éclairage »	34
« Eviter les phénomènes de scintillement »	34
« Accompagner les enseignants dans l’utilisation des TICE »	35
CONCLUSION/DISCUSSION.....	36
ANNEXE 1	37

Synthèse des recommandations du livre blanc	37
Visibilité	37
Lisibilité	37
Compréhension.....	37
Recommandations générales.....	37
Tableau récapitulatif des recommandations issues de l’état de l’art..	38
ANNEXE 2	45
Construction du test de lecture	45
Matériel.....	45
Participants	48
Procédure.....	49
Résultats des tests.....	49
ANNEXE 3	53
Présentation des partenaires.....	53
Laboratoire des Usages en Technologies de l’Information Numérique (LUTIN).....	53
Ministère de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche.....	53
RÉFÉRENCES	55

PRESENTATION DU LIVRE BLANC

Le livre blanc *De l'usage des Tableaux Numériques Interactifs* (TNI) a été réalisé par le Laboratoire des Usages en Technologies d'Information Numérique (LUTIN)¹ à la suite d'une étude menée pour le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche sur l'usage des TNI dans les classes. Entre mars et avril 2011, 48 élèves de 6^{ème} et 89 élèves de CP ont participé à cette étude. Le but était d'analyser la lecture sur TNI, qui est un support de travail collectif, en comparaison d'une lecture sur support individuel (ordinateur).

Pour cette étude, une plateforme de tests de lecture a été conçue par le LUTIN afin de réaliser les passations sur le terrain, au sein des classes, et d'être ainsi au plus proche des conditions réelles d'utilisation des TNI. Le LUTIN s'est déplacé dans différents établissements de la région parisienne :

¹ Cf. Annexes « Présentation des partenaires »

LES ECOLES PRIMAIRES :

Six classes de CP de cinq établissements de Seine-et-Marne ont pris part à l'étude : Penchard, Bouleurs, Pierre-Levée, Couilly-pont-aux-dames et Bassevelle.

LE COLLEGE :

Cinq classes de 6^{ème} du collège Françoise Giroud, à Vincennes (Val-de-Marne) ont participé aux tests.

LECTURE ET TABLEAUX NUMERIQUES INTERACTIFS

Introduction à l'étude

La lecture, une activité en constante évolution

La lecture est une des activités humaines les plus importantes. Elle représente une des formes privilégiées de communication. Cette thématique suscite un intérêt particulier compte tenu de la place essentielle qu'elle occupe dans les processus d'apprentissage et de formation. Cet intérêt s'est accentué avec l'émergence des nouveaux supports numériques (tableaux numériques interactifs, Smartphones, iPad, tablettes, etc.). L'apparition de ces dispositifs génère également des questions nouvelles portant sur leur influence dans cette activité.

A l'heure actuelle, les résultats de nombreuses évaluations internationales (e.g. [1] PISA²) montrent la nécessité d'améliorer les capacités de lecture, non seulement pour les élèves en difficulté mais

² PISA : Programme for International Student Assessment
http://www.pisa.oecd.org/document/24/0,3746,en_32252351_32235731_38378840_1_1_1_1,00.html

également pour tous les élèves qui sont face à des défis croissants d'alphabétisation. En effet dans la société actuelle, les élèves sont confrontés à un besoin accru de développer leur capacité à comprendre des textes complexes, à partir de différents supports (livre, ordinateur, tablette, téléphone, tableau blanc) [2].

Les travaux sur la lecture portent d'un point de vue fondamental sur deux processus : les processus lexicaux (i.e., ceux qui sous-tendent l'identification des lettres et des mots) et les processus de compréhension (i.e., ceux qui permettent de donner un sens au texte dans sa globalité). D'un point de vue appliqué, l'intérêt actuel est de développer des outils d'évaluation de la lecture qui permettent d'appréhender au mieux les différences individuelles dans cette activité cognitive complexe [3] sur des supports électroniques qui se développent continuellement.

Les travaux sur la lecture électronique

De nos jours, les individus de tout âge se trouvent de plus en plus souvent devant des informations présentées sous forme numérique qu'ils doivent visualiser, lire et comprendre afin de les utiliser. D'ailleurs la plupart des livres actuels n'existent que sous forme

électronique, la version papier n'étant même plus générée. Or, ces informations présentées sur écran (allant des téléphones portables, ordinateurs, tablettes et autres livres électroniques aux TNI) ont souvent des formes et tailles différentes. L'étude des caractéristiques de ces dispositifs lors de la réalisation d'une tâche en général, et plus spécifiquement durant l'activité de lecture, devient alors primordiale. Malgré les avancées technologiques, tous les supports ne sont pas équivalents devant la lecture. Certains sont spécifiquement conçus pour cette activité, tels les ebooks, alors que la lecture apparaît comme une fonctionnalité supplémentaire pour d'autres (e.g. Smartphones).

Lors des vingt dernières années, de nombreuses études se sont intéressées aux facteurs qui peuvent influencer les performances des utilisateurs lors de la lecture. Parmi ces facteurs ceux qui sont les plus fréquemment étudiés sont les facteurs visuels (lisibilité, visibilité, éclairage, etc.) et ceux qui aboutissent à la compréhension. Cependant ces facteurs sont généralement étudiés **séparément**. Il n'existe pas de travaux qui intègrent la relation entre les processus perceptifs et les processus de compréhension afin de permettre une appréhension globale de l'impact des écrans sur la lecture. Certes ces deux types de processus agissent à des niveaux de traitement différents mais ils sont

intrinsèquement mêlés et absolument indispensables à la lecture normale. L'essentiel du comportement de lecture consiste à identifier l'information présentée mais également à l'intégrer aux connaissances déjà acquises. L'interaction entre ces deux niveaux généraux de traitement (capacité de lecture et compréhension) ne sont pas suffisamment étudiés [4].

Evaluation des TNI dans les classes : une étude du LUTIN

Cette étude vise à évaluer l'activité de lecture en milieu scolaire sur un support de plus en plus présent dans les classes : le TNI. Celui-ci a été comparé à un support individuel (ordinateur). Il s'agit plus particulièrement de tester l'utilisabilité du TNI à travers trois dimensions impliquées dans la perception et dans les différents niveaux de traitement des informations numériques : **la visibilité, la lisibilité et la compréhension**.

Le travail mené par le LUTIN s'inscrit dans une perspective d'évaluation cognitive de la lecture permettant d'appréhender au mieux les différences individuelles dans cette activité complexe au moyen d'outils adaptés. Il vise à constituer un ensemble de tests qui permettent d'évaluer l'impact des supports numériques sur la

perception des lettres et des mots (lisibilité et visibilité) ainsi que sur la compréhension des textes (lecture de textes de différentes formes : narratifs, descriptifs avec ou sans images).

Qu'entend-on par visibilité, lisibilité et compréhension ?

Visibilité

La visibilité est définie comme «les propriétés visuelles d'un stimulus lumineux – caractère/symbole - qui déterminent la facilité avec laquelle il peut être détecté » [5]. La détection des objets visuels dans la vie réelle est différente de la détection des objets sur écran car les caractéristiques lumineuses ne sont pas identiques. Il est important de contrôler les paramètres qui déterminent une partie de la prise d'informations sur les supports électroniques afin de les optimiser pour un meilleur confort visuel. Parmi ces paramètres se trouvent la luminance, le contraste et la réflectance.

La luminance, quantité de lumière émise, d'un dispositif d'affichage est essentielle dans la détection d'une information. Dans le cadre de la lecture, la luminance permet d'estimer le niveau de visibilité des informations d'un document. Afin d'être reconnue sur un

écran de visualisation, une information visuelle doit posséder un minimum de luminosité lui permettant de se détacher de la luminance de fond, cette propriété essentielle est le contraste. Cet indice est utilisé pour déterminer la visibilité d'une information. Il permet d'évaluer les conditions optimales pour l'acuité visuelle et l'identification des lettres dans la lecture [4]. Des études montrent l'importance du contraste dans la lecture et son impact sur les personnes à faible vision qui, souvent, ne peuvent lire un texte à moins que celui-ci ne soit fortement contrasté. Pour l'évaluation ergonomique de la visibilité des écrans, la norme internationale ISO 9241-3 fournit des recommandations quant aux valeurs des seuils de contraste nécessaires pour une lecture efficace [5].

La qualité de l'information visuelle à l'écran est également dépendante des lumières parasites venant de l'extérieur (fenêtre, éclairage, reflet de la lumière ambiante...). Celles-ci ont pour effet une réduction du contraste et une dégradation de la visibilité des informations à l'écran. La réflectance, quantité de lumière reflétée par le dispositif d'affichage, devrait être ainsi la plus faible possible afin de fournir un confort visuel optimal au lecteur.

Lisibilité

La lisibilité est déterminée par l'ensemble des propriétés visuelles caractérisant des lettres et/ou des symboles. C'est la capacité de reconnaître la forme d'une lettre, d'un mot ou un groupe de mots. Cette dimension détermine la facilité avec laquelle les caractères sont reconnus. Divers travaux montrent que la lisibilité des textes affecte les performances en lecture (notamment la vitesse de lecture) et leur satisfaction envers les dispositifs [6, 7]. Les dispositifs mal conçus peuvent fatiguer rapidement l'utilisateur, et ralentir la lecture ou la recherche d'information [8]. Par conséquent, la dimension de lisibilité devrait être prise en compte dans le processus de conception et d'utilisation des dispositifs. D'autant plus que les travaux soulignent des différences significatives en lecture selon le support et selon le type de tâche. Lire sur un téléphone portable ou sur un ordinateur de bureau n'est pas tout à fait comparable [9]. De la même façon lire un livre sur un support électronique, envoyer un message ou naviguer sur internet est très différent.

Les travaux sur la lisibilité ont pour objectif d'isoler les principaux paramètres déterminant cette dimension sur des écrans afin d'optimiser la prise d'informations et le confort visuel [10, 11, 12, 13].

Ces travaux montrent que plusieurs facteurs peuvent influencer la lisibilité des textes et ainsi les performances du lecteur³. Ces facteurs sont notamment les paramètres typographiques (e.g. la taille de police, l'espacement entre les caractères, les mots, et les lignes, la justification du texte, la longueur de ligne, etc.), la combinaison de couleurs, la résolution d'affichage, l'angle de vue, et le type de tâche.

Compréhension

Nous pouvons définir "la compréhension en lecture comme le processus d'extraire et de construire simultanément du sens à travers l'interaction avec le langage écrit. Il se compose de trois éléments : le lecteur, le texte, et le but de lecture" [2]. Pendant l'activité de compréhension, plusieurs éléments entrent en jeu tels que les capacités cognitives (mémoire, attention...), les aspects motivationnels, les connaissances du lecteur, la nature du texte, mais aussi l'objectif de lecture (épistémique ou pragmatique), la mise en forme du texte et le rôle des connaissances antérieures se rapportant au thème.

³ Performances en termes de nombre d'erreurs et de temps de lecture

La compréhension peut également être définie comme la construction en mémoire d'une représentation mentale du texte. Différents modèles et théories ont été élaborés en psychologie cognitive se fondant pour la plupart sur 3 niveaux de représentation du texte : Niveau de surface (structure de surface), niveau sémantique (représentation sémantique) et niveau inférentiel (modèle de situation) [14]. La structure de surface correspond à la forme des mots qui composent les phrases ainsi qu'à la syntaxe (ordre des mots). Au niveau sémantique, la représentation consiste à lier le sens des mots à l'intérieur des phrases et entre les phrases entre elles (i.e. cela correspond à la construction en mémoire d'une représentation locale et globale du texte). La construction du modèle de situation correspond à la mise en relation entre les informations fournies par le texte et les informations déjà connues du lecteur (e.g, mémorisées). Cette mise en correspondance (mécanisme inférentiel) consiste à enrichir le contenu du texte par ses connaissances mémorisées et son vécu propre. Cela explique que chaque lecteur a une connaissance personnelle d'un texte car chacun y projette des informations individuelles. Evaluer la compréhension d'un texte, qu'il soit présenté sous forme papier ou numérique, revient donc à évaluer ces 3 niveaux de représentation.

LES RECOMMANDATIONS DU LIVRE BLANC

Présentation des recommandations

Les recommandations suivantes sont issues à la fois de notre recherche et de l'état de l'art, dont vous pouvez trouver les références à la fin du *Livre Blanc*. Les recommandations concernent les différents écrans et leur utilisation avec le TNI mais aussi la projection sur tableaux blancs effaçables. Elles sont séparées en quatre parties :

- 1 – Recommandations pour la visibilité
- 2 – Recommandations pour la lisibilité
- 3 – Recommandations pour la compréhension
- 4 – Recommandations générales

Recommandations pour la visibilité

Les résultats issus de l'étude montrent que la réflectance est plus forte sur PC que sur TNI. Ils montrent aussi l'importance de réduire le reflet d'inconfort⁴ des salles de classe équipées de TNI pour un meilleur confort visuel des élèves. En effet, ce reflet d'inconfort est particulièrement gênant pour la visibilité des informations sur TNI à tous les niveaux scolaires. Des recommandations issues des passations sur le terrain et de la littérature peuvent être appliquées pour une meilleure visibilité sur TNI.

⁴ Reflet d'inconfort : correspond au reflet perçu. Donnée obtenue par calcul du degré d'inconfort dû à la réflectance et prenant en compte notamment l'âge de l'utilisateur.

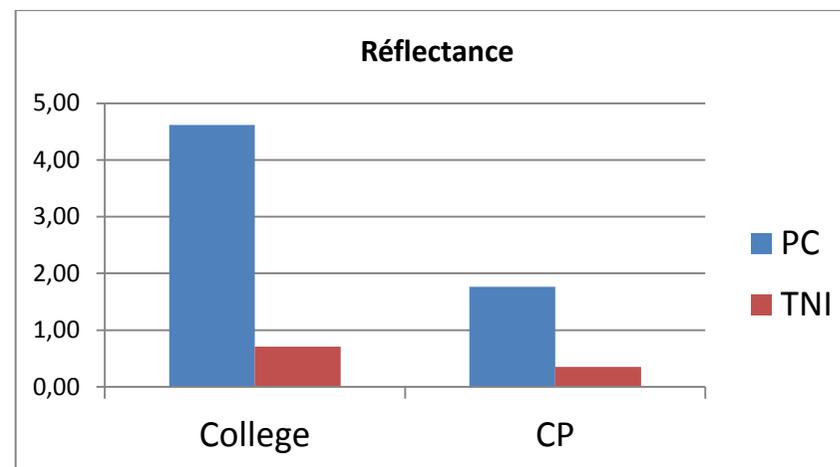


Figure 1. Niveau de réflectance selon le support et le niveau scolaire

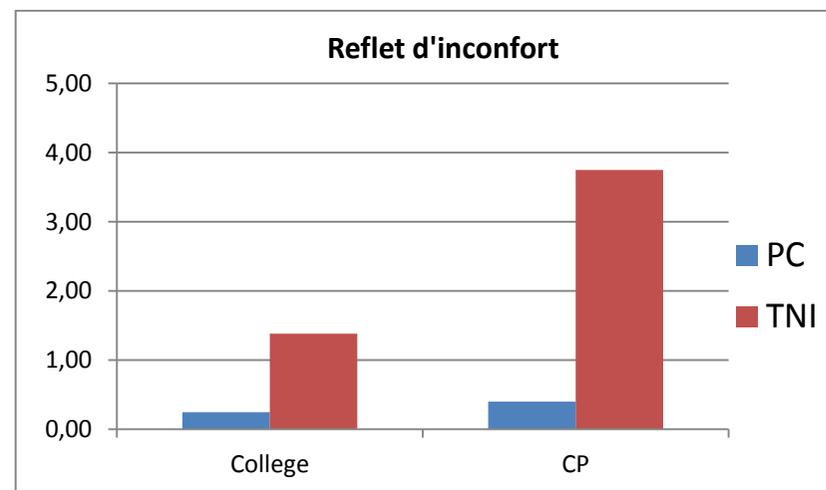


Figure 2. Reflet d'inconfort selon le support et le niveau scolaire

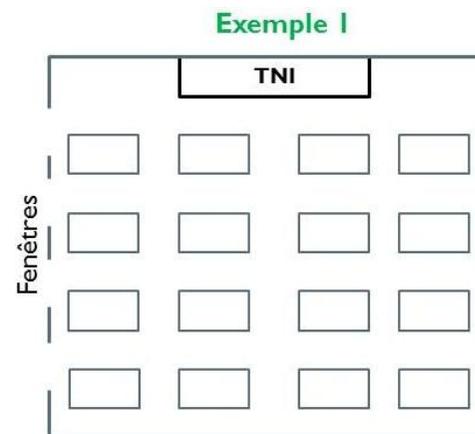
« Placer l'écran de manière à éviter les reflets »

Les lumières parasites (fenêtre, reflet de la lumière ambiante...) sont source de reflet d'inconfort à l'écran pour les élèves. Elles ont pour effet une réduction du contraste et gênent par conséquent la lecture de l'affichage. Afin de diminuer ces effets indésirables, il est recommandé d'éviter une orientation de l'écran face ou dos aux fenêtres qui peuvent entraîner un éblouissement direct ou des reflets importants. De préférence, l'écran doit être placé perpendiculairement aux fenêtres de façon à ce que la lumière provenant de celles-ci ne puisse pas se réfléchir sur l'écran [15]. L'axe du regard devrait ainsi être parallèle à la fenêtre. Il est aussi suggéré de ne pas placer l'écran trop près des fenêtres et de le positionner de préférence en face des élèves. En effet, les résultats de l'étude indiquent que la détection d'un signal lumineux sur le tableau est meilleure au centre de la classe (élève face au tableau) et à de courtes distances (entre 3 et 4,5m soit les 2 premiers rangs) par rapport à une distance élevée (à partir de 8m, soit le 5^{ème} rang ou le 6^{ème} rang).

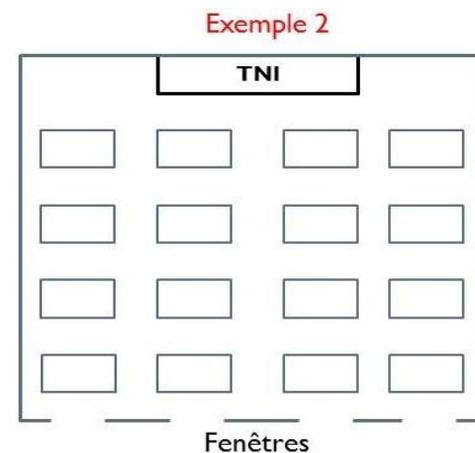
Dans le cas d'une utilisation du TNI avec de petits groupes d'élèves et non pas en classe entière selon une position frontale du tableau par

rapport à la classe, il conviendra de chercher une position du tableau qui diminuera également le plus possible les reflets.

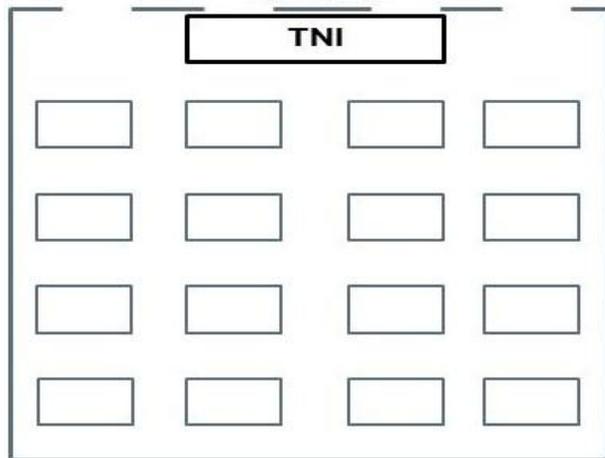
Exemple de bon emplacement du TNI :



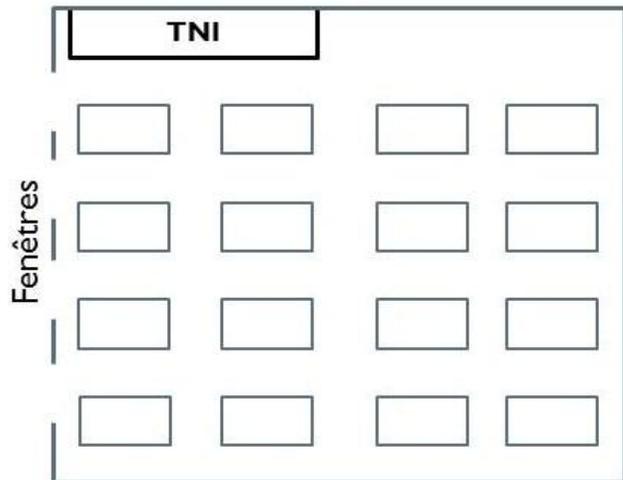
Exemples d'emplacements à éviter :



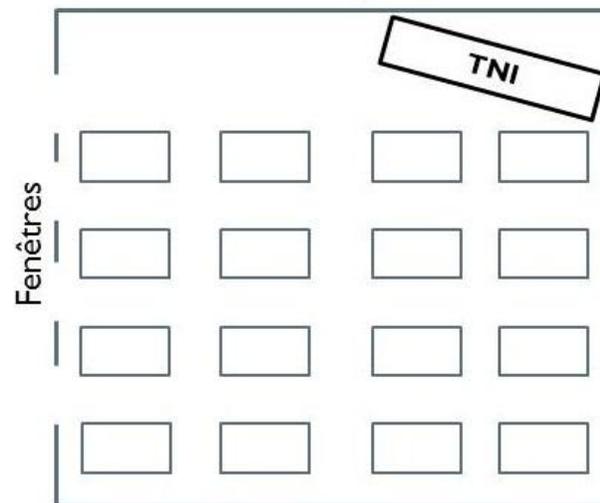
Exemple 3
Fenêtres



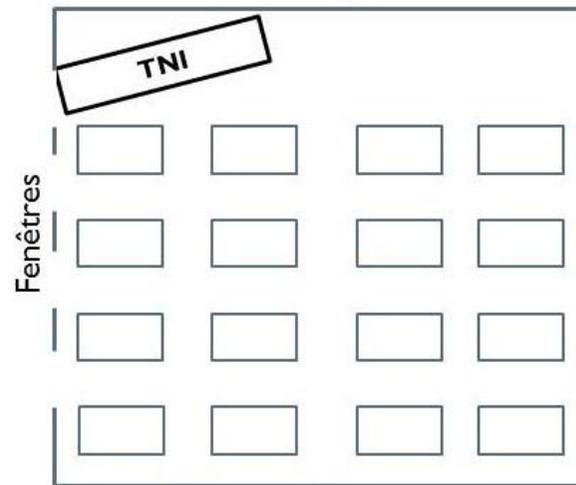
Exemple 4



Exemple 5



Exemple 6



« Utiliser les volets/stores pour occulter les fenêtres des classes »

Pour réduire l'effet incident de la lumière du jour sur les tableaux des salles de classe, des rideaux protecteurs contre la lumière naturelle devraient être installés : stores à lamelles horizontales [16], vitres teintées, films transparents collés sur les vitrages....



Figure 3. Salle non équipée de rideaux ou de stores



Figure 4. Salle équipée de rideaux

« Projeter sur une surface mate et/ou antireflet »

Lors des interventions en classe, davantage de reflets étaient constatés avec une projection sur tableaux blancs effaçables. Il faut toutefois distinguer les tableaux blancs ayant une surface mate ou brillante. La projection sur une surface brillante a pour effet un phénomène d'éblouissement lié au reflet de la lumière du vidéoprojecteur sur la surface de projection (**point chaud**, cf. Figure 5). Alors que, la projection sur un tableau blanc ayant une surface mate procure plus de réflexion diffuse et une réduction minimale du contraste à l'intérieur de la zone de reflet [17].

Il est recommandé d'éviter de projeter sur la surface lisse d'un tableau blanc effaçable. La projection sur un mur de couleur claire ou blanc mat est préférable.



Figure 5. Point chaud à la surface d'un tableau

« Incliner le tableau pour un meilleur confort visuel »

L'utilisation de supports de vidéoprojection fixés en hauteur permet de réduire les phénomènes d'ombre, de reflet et de point chaud (vidéoprojecteur à courte focale, tableau utilisant les technologies de rétro-éclairage...). Elle permet aussi d'éviter l'éblouissement des élèves qui observent le faisceau lumineux émis par le vidéoprojecteur, ce qui peut à terme entraîner des lésions oculaires.

Pour les TNI munis d'un support de vidéoprojection fixé en hauteur et présentant du reflet visible, il est recommandé d'incliner la base du tableau afin de former un angle de 5 à 10° par rapport au mur sur lequel il est fixé [17]. Ainsi la composante spéculaire de la réflexion est orientée vers le plafond. Si l'inclinaison n'est pas possible, on recommande de réduire le contraste entre la tâche de reflet et le fond en utilisant par exemple un fond sombre ou coloré.

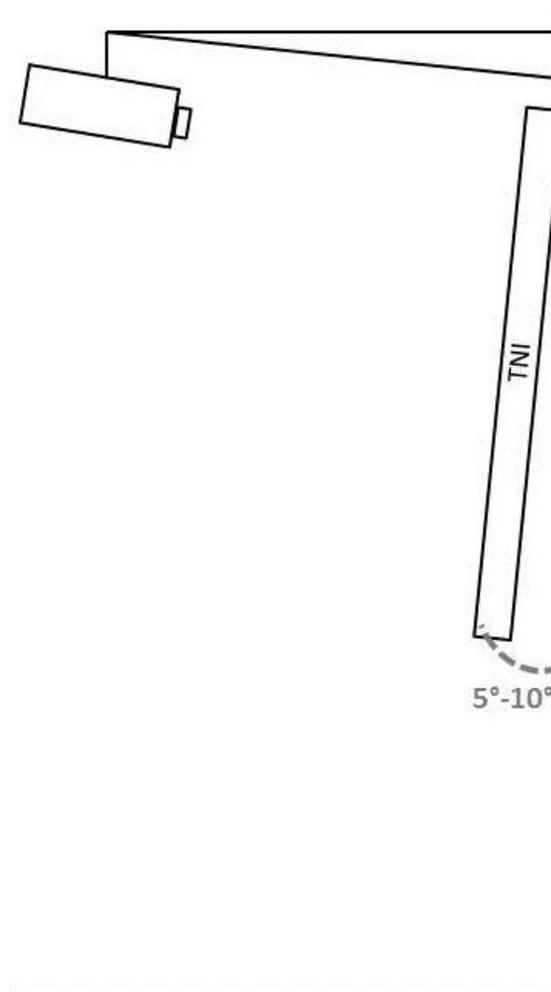


Figure 6. Inclinaison du TNI par rapport au mur permettant de limiter la gêne liée au reflet

« Respecter un seuil de visibilité⁵ »

Les résultats issus de l'étude montrent que la détection d'un signal est meilleure sur TNI que sur PC. Selon le type de support mais aussi selon le niveau scolaire, le seuil de détection d'un signal lumineux n'est pas identique. Autrement dit, le contraste de l'écran devra être adapté en fonction de ces 2 paramètres.

Sur fond blanc, le seuil minimal pour un TNI est de 241 RVB⁶ pour les élèves de CP et de 245 RVB pour les élèves de 6^{ème}. Sur ordinateur, le seuil minimal est de 244 RVB pour les élèves de CP et de 238 RVB pour les élèves de 6^{ème}. A noter que plus le seuil augmente, plus le contraste est faible, autrement dit moins la différence lettres/fond est importante.

En d'autres termes, pour les plus jeunes élèves, le contraste devra être d'autant plus important lorsqu'ils travaillent sur TNI. Pour les élèves plus âgés, le contraste devra être plus marqué sur ordinateur.

⁵ Le seuil de visibilité a été déterminé grâce aux résultats du test de visibilité.

⁶ RVB ou RGB : Rouge Vert Bleu ou Red Green Blue, format de codage des couleurs.

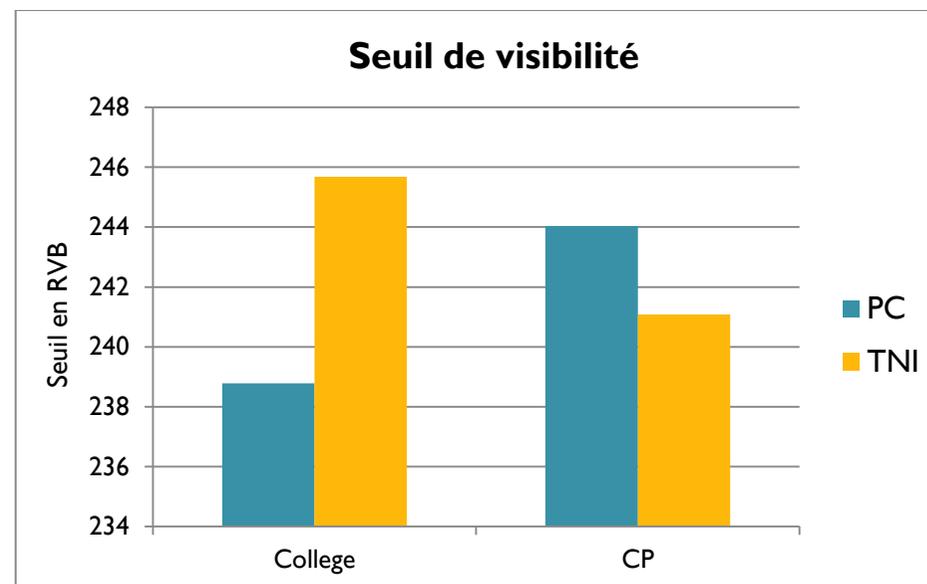


Figure 7. Seuil de visibilité selon le niveau scolaire et le support

Recommandations pour la lisibilité

Les résultats obtenus lors de l'étude montrent l'importance de prendre en compte la taille et le type de lettres pour la lisibilité sur TNI. D'autre part, l'impact de la similarité (i.e. confusion entre les lettres similaires, cf. Figure 8) n'a été constaté que sur TNI.

	Congruent	Incongruent
N	MENFHML	JUCQNGD
O	OUCPQGD	MEFHOML

Figure 8. Exemple de non-mots utilisés pour le test de lisibilité pour les différentes conditions

Il est aussi à noter que comparé au support PC, le taux d'erreurs d'identification d'une lettre cible est plus important sur TNI.

« Augmenter le confort visuel par le choix de la polarité⁷ »

Les deux types de polarité positive (caractères sombres sur fond clair) et négative (caractères clairs sur fond sombre) sont acceptables sur TNI et ont chacun leurs avantages : pour la polarité positive, les réflexions spéculaires sont moins perceptibles et l'équilibre de luminance est plus facile à obtenir. Pour la polarité négative, le scintillement est moins perceptible, la visibilité est meilleure pour les individus ayant une faible acuité visuelle [12, 18, 19].

Des recommandations pour les élèves présentant des difficultés de lecture sont présentes dans le tableau en **Annexe 1**.

Une typologie sur les combinaisons de couleurs entre lettres et fond d'écran existe. Elle montre que certains couples de couleurs donnent lieu à un meilleur traitement lors de la lecture. Testés sur ordinateur, de meilleurs résultats ont été obtenus en termes de lisibilité avec les couples : jaune/noir, cyan/noir, blanc/bleu, noir/jaune, blanc/noir et vert/noir.

⁷ Nous pouvons parler de polarité ou de contraste

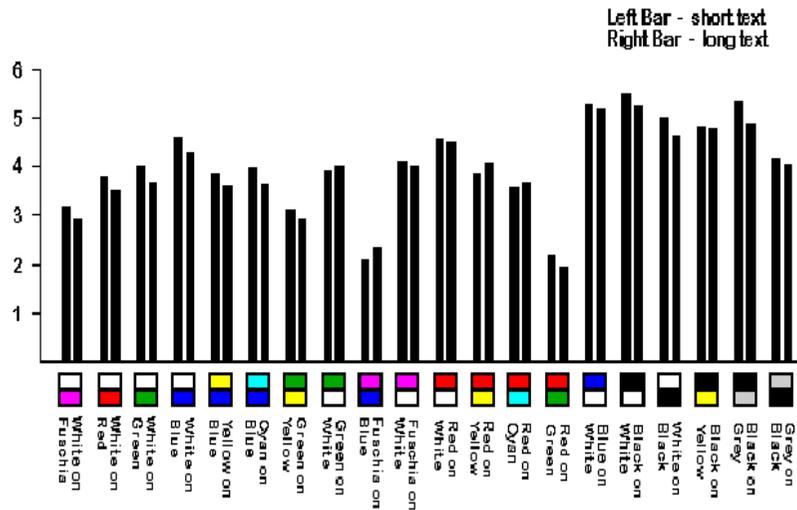


Figure 9. Niveaux de préférence des contrastes lettres/fond sur écran.

Ainsi la figure ci-dessus montre les préférences généralement choisies sur les rapports de couleur entre la lettre et le fond d'écran.

La perception du contraste pour la vision sur écran dépend des propriétés temporelles (scintillement) et spatiales (contraste spatial) de l'image. Pour l'évaluation ergonomique de la visibilité des écrans, la norme ISO 9241-3 fournit des recommandations quant aux valeurs des seuils de contraste nécessaires pour une lecture efficace [5].

« Utiliser une large taille des caractères sur TNI »

Il est recommandé de privilégier une police de caractère large. En effet, les résultats montrent que la discriminabilité de la taille des lettres est plus importante sur TNI que sur PC. Comparés à une police de petite taille (6 pt sur TNI et 8pt sur PC), des caractères larges (18 pt) sont détectés plus facilement sur TNI. Les élèves distinguant mieux la cible (la lettre O ou N) à rechercher parmi des distracteurs pour une taille de police grande.

Dans la littérature, des études montrent aussi que l'utilisation de grandes tailles de caractères favorise la vitesse de lecture mais n'influence pas le nombre d'erreurs produites [7, 10, 20, 21, 22, 23].



Figure 10. Non-mots présentés en taille de police 8 et 18

« *Privilégier, à l'écran, une typographie sans empattements* »

Les études sur la lecture à l'écran recommandent l'utilisation d'une police sans empattements [24, 25, 25]. Celle-ci procure un léger avantage sur la vitesse de lecture [27]. Il est aussi souligné que les empattements (petites « pattes » ajoutées aux extrémités des caractères pour certaines polices) peuvent provoquer des difficultés à distinguer les caractères. Une étude a notamment montré que les enfants lisent plus rapidement avec la police Verdana qu'avec la police Sassoon [10].

Nos résultats montrent que l'impact de la congruence entre les lettres (partage de traits communs entre lettres) n'est important que sur les TNI. Il est donc recommandé d'utiliser une typographie très discriminante pour la lecture sur TNI. L'utilisation de police d'écran sans empattements (e.g Verdana, Arial, Helvetica) est à privilégier pour la lecture sur TNI.

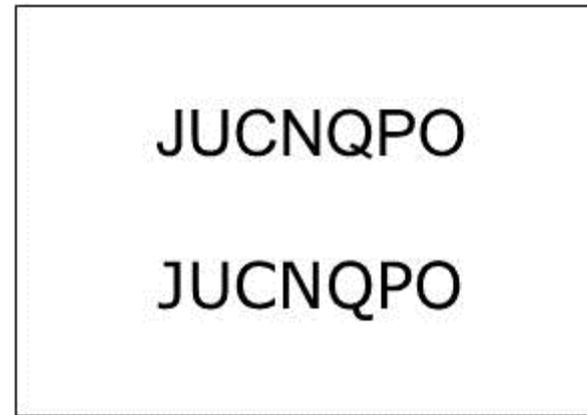


Figure 11. Polices Sans sérif (Arial et Verdana)



Figure 12. Polices avec sérif (Courier New et Times New Roman)

« *Respecter un rapport hauteur/largeur des caractères de 1:1* »

Même si un ratio de 0,6:1 est acceptable, il est préférable de choisir une police de caractère permettant un ratio de 1:1, particulièrement lorsque la taille de police est petite⁸.

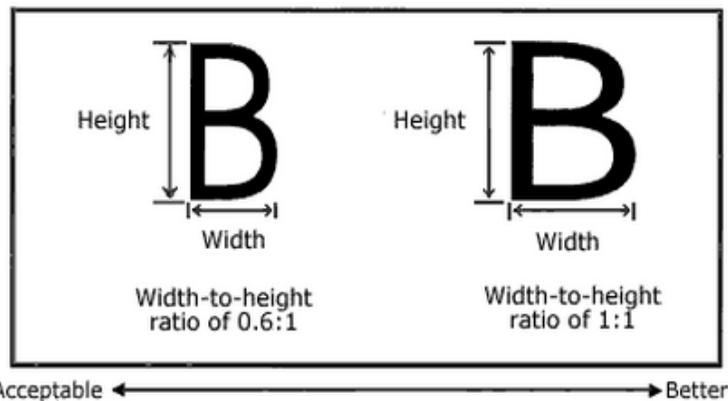


Figure 13. Comparaison des ratios de 0,6:1 et 1:1

⁸ Source : www.hf.faa.gov/Webtraining/VisualDisplays/text/Text1.htm

« *Choisir la casse (MAJUSCULE/minuscule) en fonction de la tâche* »

L'identification des lettres est plus facile pour les textes rédigés en minuscule que pour ceux rédigés en majuscule et la vitesse de lecture est plus rapide en condition mixte qu'en condition majuscule ou minuscule [24].

Dans le cadre d'une lecture de texte, il est préférable de conserver une présentation classique du texte avec des majuscules uniquement en début de phrase.

Pour les CP, en dehors des leçons d'apprentissage de la lecture qui sont des situations particulières d'utilisation de caractères cursifs ou de caractères d'imprimerie en minuscule, il est préférable d'éviter les mots présentés seulement en majuscule.

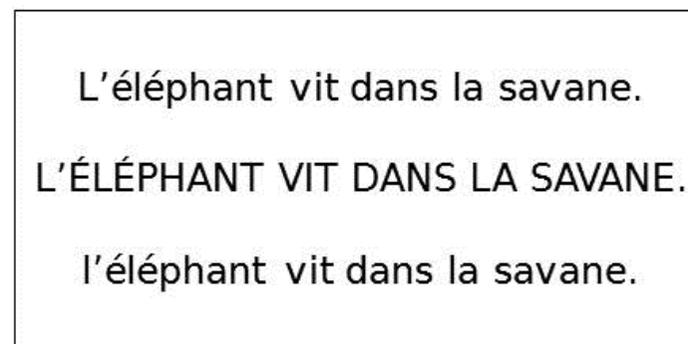


Figure 14. Conditions *Mixte*, *Majuscules* et *Minuscules*

« Privilégier une disposition horizontale du texte »

La disposition horizontale du texte génère une meilleure lisibilité et compréhension par rapport aux présentations verticales ou utilisant d'autres angles [28].

Il serait donc préférable d'éviter de présenter le texte verticalement ou sous d'autres angles, sauf intention pédagogique particulière pour une utilisation ponctuelle.

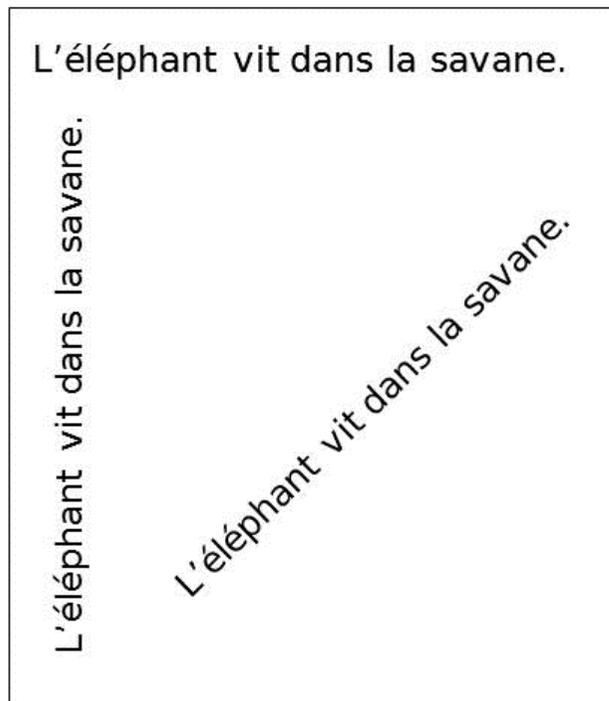


Figure 15. Différentes inclinaisons possibles des textes

« Choisir la bonne résolution d'affichage »

Il est préférable d'avoir une résolution élevée, les travaux testant cet aspect dans des dispositifs mobiles plus réduits vont dans ce sens [9]. La lisibilité de textes est fortement améliorée sur des hautes résolutions d'affichage.

L'affichage minimum pour les TNI serait de 1024*768 selon certaines études [13, 29].

« Diversifier les tâches/ réduire le temps d'exposition sur TNI »

Les résultats indiquent que les élèves de CP ont tendance à utiliser une stratégie de fausse reconnaissance des lettres sur TNI. Les élèves avaient plus tendance à répondre « oui, j'ai vu la lettre cible » alors que celle-ci était absente. Une recommandation issue de ces résultats pourrait être d'essayer de capter davantage l'attention des jeunes élèves en diversifiant les tâches proposées sur TNI et/ou en réduisant leur temps d'exposition afin d'avoir une attention soutenue sur la tâche proposée.

Recommandations pour la compréhension

De nombreuses études soulignent l'importance de la mise en forme des textes dans les performances de lecture [30, 31]. Les signes de mise en forme matérielle (voir tableau figure 22) sont des marqueurs signalant une unité de sens et donc indissociables du contenu du texte. Ces marques typo-dispositionnelles indiquent aux lecteurs l'organisation globale du texte et la hiérarchisation de son contenu. Elles permettent notamment le déclenchement de stratégies de lecture et d'encodage des informations, en signalant les informations importantes du texte qu'il s'agit d'intégrer (i.e, mémoriser). Ces marques servent à l'élaboration de la cohérence du texte au niveau global (en intégrant le contenu des divers paragraphes) et au niveau local, entre les phrases elles mêmes. Le traitement de la cohérence constitue la propriété essentielle de la compréhension. La mise en forme est d'autant plus importante que les lecteurs ont peu de connaissances par rapport au thème du texte [32]. Il est donc nécessaire dans le cadre d'un apprentissage à veiller à la mise en forme matérielle des supports de cours.

« Bien choisir la justification des textes »

Il est recommandé d'utiliser un alignement à gauche du texte car il génère de meilleures performances de lecture même si la préférence des participants à l'étude porte sur le texte justifié [33]. Préférence qui peut s'expliquer par un effet de familiarité (il est plus fréquent de lire sur des textes justifiés).

Il était une fois, sur une île ensoleillée, un petit garçon qui s'appelait Marius.
Il vivait avec son grand-père dans une cabane, au bord de la mer.
C'était le petit garçon le plus joyeux de l'île.
Pourtant, il n'avait rien à lui, sauf une barque de bois...

Figure 16. Texte aligné à gauche

Il était une fois, sur une île ensoleillée, un petit garçon qui s'appelait Marius.

Il vivait avec son grand-père dans une cabane, au bord de la mer.

C'était le petit garçon le plus joyeux de l'île.

Pourtant, il n'avait rien à lui, sauf une barque de bois...

Figure 17. Texte justifié

« Espacer les lignes des textes »

Plus l'espacement des lignes est grand, meilleure est la vitesse et l'exactitude de lecture⁹ [33, 34]. Il faut donc privilégier un espacement de 1,5 ou un espacement double car cela facilite l'identification anticipée des mots dans l'empan visuel et le nombre de lettres perçues. Empan qui sert à percevoir en vision périphérique les mots qui seront fixés ultérieurement.

⁹ Etude menée sur des pages Web.

Il était une fois, sur une île ensoleillée, un petit garçon qui s'appelait Marius.

Il vivait avec son grand-père dans une cabane, au bord de la mer.

C'était le petit garçon le plus joyeux de l'île.

Pourtant, il n'avait rien à lui, sauf une barque de bois...

Figure 18. Interligne simple vs. interligne double

Il était une fois, sur une île ensoleillée, un petit garçon qui s'appelait Marius.

Il vivait avec son grand-père dans une cabane, au bord de la mer.

C'était le petit garçon le plus joyeux de l'île.

Pourtant, il n'avait rien à lui, sauf une barque de bois...

On peut comprendre cette recommandation en regardant le schéma suivant. Il montre qu'augmenter l'interligne, augmente également le nombre de lettres perceptibles dans l'empan visuel.

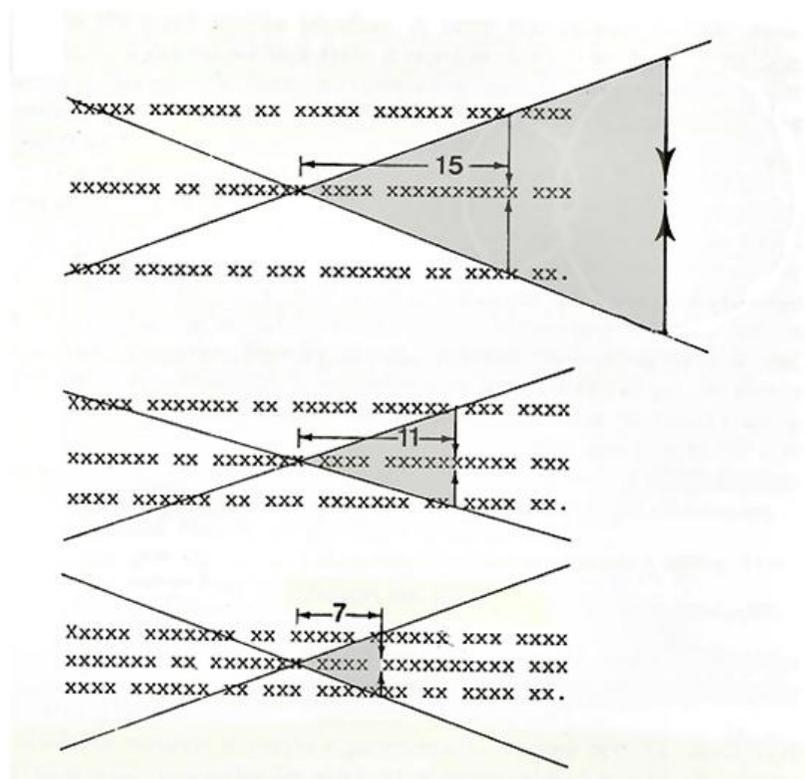


Figure 19. Empan visuel variant selon la taille de l'interligne

« Indenter les paragraphes »

Les marques de paragraphe aident les lecteurs à repérer les différentes idées d'un texte [32, 35, 36, 37]. Elles permettent également de mieux intégrer un changement de perspective (e.g. changement de personnage, de lieu ou de temps) [38, 39]. Il est

nécessaire d'indenter un paragraphe présentant une nouvelle idée afin d'aider les élèves à construire une représentation du texte. Ainsi, il sera plus facile pour eux de se rappeler les différentes idées et de construire la cohérence du texte.

Il était une fois, sur une île ensoleillée, un petit garçon qui s'appelait Marius. Il vivait avec son grand-père dans une cabane, au bord de la mer.

C'était le petit garçon le plus joyeux de l'île. Pourtant, il n'avait rien à lui, sauf une barque de bois...

Figure 20. Paragraphes sans indentation

Il était une fois, sur une île ensoleillée, un petit garçon qui s'appelait Marius. Il vivait avec son grand-père dans une cabane, au bord de la mer.

C'était le petit garçon le plus joyeux de l'île. Pourtant, il n'avait rien à lui, sauf une barque de bois...

Figure 21. Paragraphes avec indentation

L'indentation est seulement un moyen qui permet de positionner spatialement du texte mais d'autres moyens existent. Ce sont les marques de mise en forme matérielle du texte (MFM).

	Marques graphiques	Marques syntaxiques	Marques organisationnelles
Intra-page (exploration d'une page)	Soulignement, Encadrement, Gras, Couleur, Typographie, Caractères spéciaux, Attributs vidéo (clignotement, ..), Icônes.	Nominalisation. Forme interrogative, exclamative,....	Fenêtrage, Indentation, Espacement (Interligne..), Mise en Paragraphe, Numérotation, Puces....
Inter-page (navigation dans le document)			Plan, Cartes, Table des matières...

Figure 22 : La MFM concerne l'ensemble des procédés graphiques et organisationnels qui permettent de distinguer une information. Elle permet le développement et l'application de stratégies de lecture.

« Eviter les phrases trop longues »

Plus une phrase est longue, plus la lecture est difficile. De plus, plus le nombre de caractères par ligne augmente, plus les performances de lecture diminuent [33, 40]. Afin de faciliter la lecture, il est conseillé de limiter la longueur des phrases et des lignes (par exemple avec une longueur moyenne de ligne à 55 caractères/ligne),

sauf nécessité pédagogique, par exemple pour afficher un texte de poésie complet. Le nombre de caractères par ligne dépendra grandement du choix de la taille de police.

C'était il y a cinq ans à peine. José prit dans sa main une poignée de terre. Elle était sèche, morte, presque de la poussière... José regarda son champ. De grosses mottes craquelées. Il n'avait pas plu depuis des mois et des mois. Rien ne poussait cette année encore sur le misérable nord-est brésilien.

Le jeune paysan pensa de nouveau à la merveilleuse nouvelle entendue au village : « Ils ont trouvé de l'or en Amazonie ! ». Il se redressa, jetant avec dépit la poignée de terre. Sa décision était prise : il allait partir.

Le même jour, José vola un cheval et s'enfuit. Il traversa l'immense Brésil, sans trêve ni repos, se demandant qui mourrait le premier de faim et de fatigue, lui ou le cheval. Mais le cheval s'avéra solide et lui, l'espoir le soutenait.

Figure 23. Lignes composées de 55 caractères

C'était il y a cinq ans à peine. José prit dans sa main une poignée de terre. Elle était sèche, morte, presque de la poussière... José regarda son champ. De grosses mottes craquelées. Il n'avait pas plu depuis des mois et des mois. Rien ne poussait cette année encore sur le misérable nord-est brésilien.

Le jeune paysan pensa de nouveau à la merveilleuse nouvelle entendue au village : « Ils ont trouvé de l'or en Amazonie ! ». Il se redressa, jetant avec dépit la poignée de terre. Sa décision était prise : il allait partir.

Le même jour, José vola un cheval et s'enfuit. Il traversa l'immense Brésil, sans trêve ni repos, se demandant qui mourrait le premier de faim et de fatigue, lui ou le cheval. Mais le cheval s'avéra solide et lui, l'espoir le soutenait.

Figure 24. Lignes composées de 100 caractères

« Utiliser des images, des schémas... pour illustrer les textes »

Les TNI et les ordinateurs sont des outils permettant l'usage d'informations multimodales (texte, image, sons, vidéo,..) dans la présentation. Une image apporte une aide à condition qu'elle soit pertinente par rapport au texte et qu'elle soit située près du texte auquel elle est associée [41, 42]. Les schémas associés au texte ne doivent pas être intégralement redondants.

Des corpus d'articles présentant les recommandations pour la construction de documents éducatifs numériques sont disponibles sur internet [43].

Comment vit l'éléphant

L'éléphant est le plus gros animal sur la terre.

L'éléphant vit dans la savane.

Il mange des herbes et des petites branches.

La maman éléphante porte son bébé dans son ventre.

L'éléphant est chassé pour l'ivoire de ses défenses.



Figure 25. Texte accompagné d'une image utilisé pour le test de compréhension des CP.

Comment fonctionne la digestion

La digestion commence au niveau de la bouche et se termine au niveau du rectum. Les aliments consommés progressent à l'intérieur du tube digestif et subissent des transformations. La digestion est un phénomène purement chimique.

Le tube digestif et les glandes digestives constituent l'appareil digestif.

Le repas que tu manges est initialement mâché par les dents et mélangée à la salive.

Les petits morceaux sont avalés, passent par l'œsophage pour atteindre l'estomac.

Dans ton estomac les petits morceaux de ton repas sont mélangés à des sucs digestifs, fournis par l'estomac.

Les petits morceaux sont mélangés jusqu'à ce qu'ils soient réduits en bouillie.

Cette bouillie va dans l'intestin grêle où est à nouveau mélangée à des glandes intestinales produits par le foie et le pancréas et transformée chimiquement en tous petits morceaux qu'on appelle des "nutriments".

L'intestin grêle est un long tuyau de plusieurs mètres.

Les nutriments traversent l'intestin pendant les six heures suivantes.

L'intestin absorbe des nutriments (eau, vitamines, sucres...) et les envoie dans le sang d'où ils sont distribués dans tout le corps.

Ce que l'organisme n'a pas besoin passe dans le gros intestin.

Les déchets vont vers le rectum et sont éliminés de ton corps.

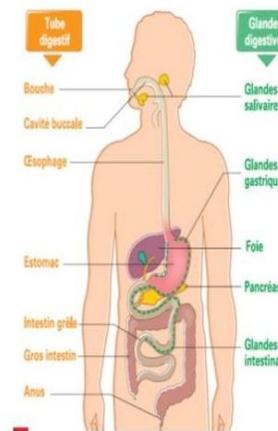


Figure 26. Texte accompagné d'une image utilisé pour le test de compréhension des 6^{ème}

« Adapter les supports d'apprentissage selon le contexte »

D'après les résultats obtenus lors de l'étude, les supports individuels (i.e. les ordinateurs) semblent mieux convenir à l'apprentissage des élèves de CP. Les ordinateurs permettent aux enfants de travailler à leur rythme et autorisent une plus grande concentration sur la tâche qu'ils ont à réaliser.

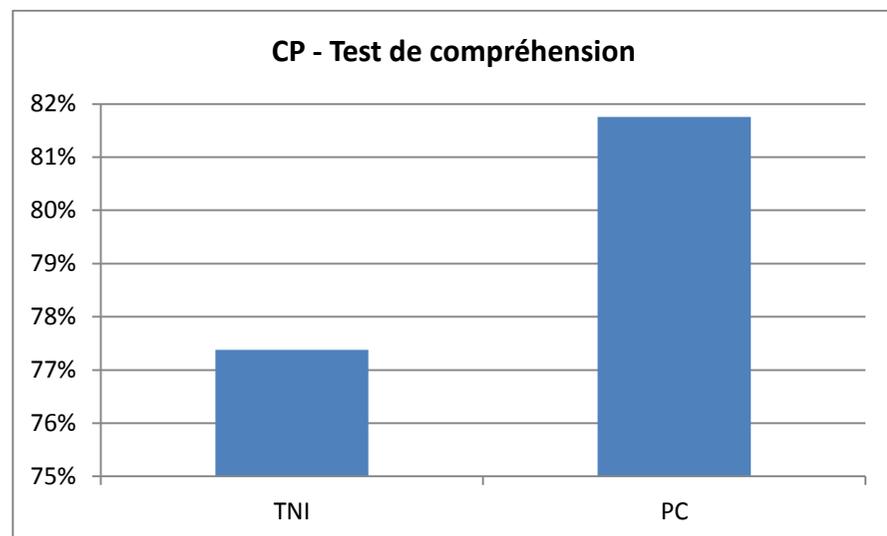


Figure 27. Pourcentages de bonnes réponses au test de compréhension des élèves de CP

Pour les élèves de 6^{ème}, il semble que ce soient les TNI qui conviennent le mieux à l'apprentissage. Cela peut être dû au fait que

les TNI focalisent les élèves sur la tâche à réaliser et ne leur offrent pas les distractions possibles sur ordinateur (internet, jeu...).

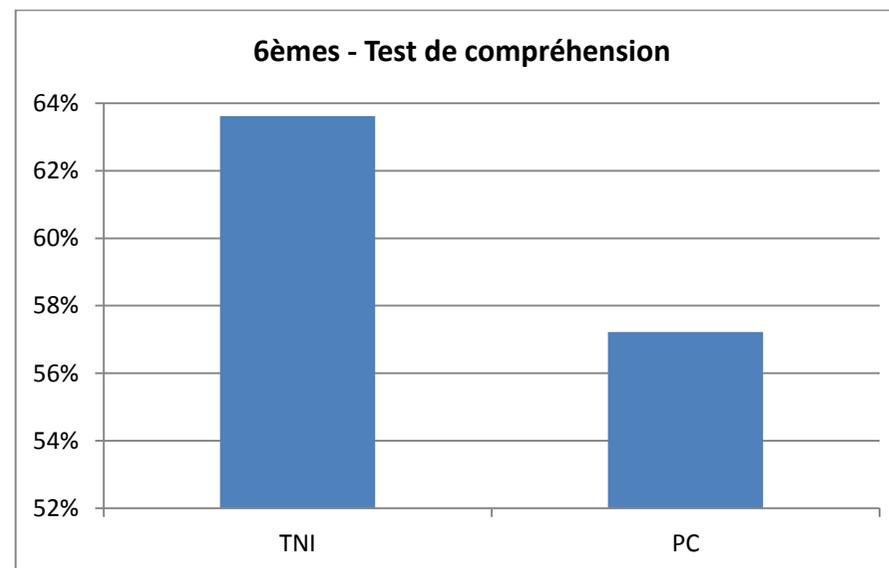


Figure 28. Pourcentages de bonnes réponses au test de compréhension des élèves de 6ème

Cependant, la configuration de la salle a pu influencer le comportement des élèves (cf. partie **Recommandations générales – Organiser l'espace de travail**).

Recommandations générales

« Organiser l'espace de travail »

Lors de l'étude, nous avons pu constater l'influence de l'organisation des salles informatiques sur le comportement des élèves, particulièrement avec les élèves de collègue.

Avec une organisation en îlots, les élèves ont tendance à se concentrer sur d'autres tâches (internet, jeux...) que celle qui leur a été demandée. Ce type d'organisation rend difficile pour les enseignants la surveillance du travail des élèves.



Figure 29. Salle informatique disposée en îlots

Il serait préférable de disposer les ordinateurs le long des murs, les élèves étant de dos par rapport au centre de la classe (cf. schéma page suivante). Ainsi, les enseignants peuvent contrôler à tout moment le travail des élèves.

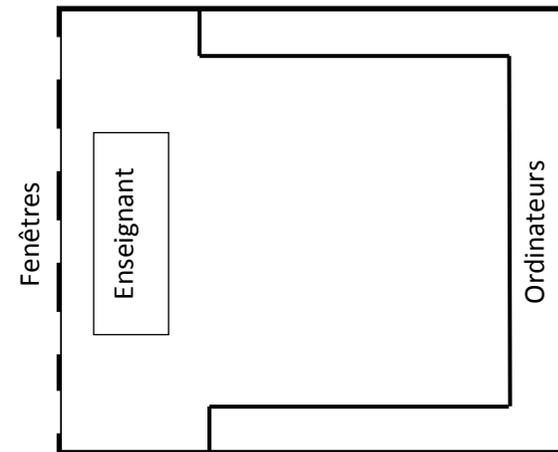


Figure 30. Exemple de disposition de salle informatique

« *Utiliser un tableau mixte* »

Le meilleur emplacement pour les TNI a été exposé dans la partie **Limites des reflets – Placer l'écran de manière à éviter les reflets.**

Dans le cas d'une utilisation quotidienne du TNI, l'utilisation d'un tableau blanc mixte (TNI avec deux volets de tableau noir) pourrait être envisagée afin de respecter cette recommandation. Cela pourrait permettre à l'enseignant de combiner les deux tableaux et éviter des configurations de salle de classe nuisant à une bonne visibilité. En effet, comparée à une vision à 45°, la visibilité sur TNI est meilleure de face (angle de 90°).



Figure 31. Salle équipée d'un TNI mobile



Figure 32. Salle équipée d'un tableau mixte

« Utiliser des variateurs d'intensité pour l'éclairage »

Les conditions de visibilité et d'éclairage aux différents endroits des salles de classe ne sont pas les mêmes. La présence de volets aux fenêtres est une bonne solution pour obtenir un éclairage uniforme à condition qu'elle puisse permettre de contrôler efficacement la lumière naturelle dans toute la classe. L'utilisation de variateurs de lumière pour les salles de classe pourrait pallier efficacement ce problème. Un meilleur contrôle de l'éclairage par le professeur sur les différents endroits de la classe (modification des interrupteurs, formation à la mesure du niveau d'éclairement) est recommandé.

Un bon éclairage est le résultat d'un compromis entre l'éclairage naturel et artificiel.

Des recommandations [44] permettent d'adapter les ambiances lumineuses aux caractéristiques visuelles des élèves. Pour les salles de classe, un éclairage moyen de 300 lux devrait être maintenu¹⁰. Pour les tableaux noirs, verts et blancs il faudrait pouvoir bénéficier d'au moins

¹⁰ Il existe des preuves de l'augmentation de l'inconfort visuel au-dessus de 1000 lux et une preuve distincte au-dessus de 2500 lx (Smith & Rea, 1980) dans des salles uniformément éclairées. [17]

500 lux mesurés à la surface du tableau. L'éclairage artificiel devrait être placé de manière à ne pas éblouir les élèves et/ou provoquer des reflets sur l'écran. L'utilisation de grille de défilement sur les luminaires en éclairage direct pourrait permettre d'éviter les phénomènes d'éblouissement.

Afin d'obtenir une bonne qualité de l'affichage à l'écran, la luminance du dispositif d'affichage devrait être réglable manuellement ou automatiquement aux conditions ambiantes d'éclairage. La norme ISO 9241 [18] recommande une valeur de luminance comprise entre 100 et 150 cd/m² (candela par m²) pour les écrans d'ordinateur. Un équilibre de la luminance rapport de 10:1, entre les surfaces de travail différentes (document, papier, écran...) est également préconisé, en effet l'élève devrait pouvoir lire aussi facilement les informations sur écran que sur papier. L'utilisation de lampes avec des températures de couleurs de 3500 Kelvin est recommandée [17].

« Eviter les phénomènes de scintillement »

Des études ont montré que le scintillement des lampes fluorescentes [17] et des écrans peuvent être source d'inconfort visuel et même déclencher des crises d'épilepsie chez des sujets photosensibles. Afin d'éviter ces effets néfastes, des recommandations

sont présentes dans la littérature. Ainsi, pour les phénomènes de scintillement à l'écran, outre l'utilisation d'écran avec une fréquence de rafraichissement supérieure à 50hz, il est recommandé de placer les sujets photosensibles à une distance de plus d'un mètre de l'écran et d'éviter de les soumettre à des écrans très lumineux (supérieur à 200 cd/m²). Pour le scintillement des lampes fluorescentes, l'utilisation de variateur de puissance électrique (graduateur de puissance avec une plage de tension large et sans scintillement) est préconisée.

« *Accompagner les enseignants dans l'utilisation des TICE¹¹* »

L'acceptabilité de ces nouvelles technologies implique l'amélioration des aptitudes des enseignants à une meilleure utilisation du TNI (réglages du vidéoprojecteur, orientation du tableau dans les salles de classe, formation à l'utilisation des logiciels de création de contenus de cours...). En effet lors des passations des tests dans les classes, les enseignants ont manifesté l'intérêt d'un accompagnement à l'utilisation des tableaux numériques interactifs.

¹¹ Technologies de l'Information, de la Communication et de l'Enseignement

CONCLUSION/DISCUSSION

Il est évident qu'il existe un besoin de mieux appréhender les différentes dimensions qui entrent en jeu dans l'activité de lecture électronique, comme la visibilité, la lisibilité et la compréhension. Néanmoins, d'autres facteurs sont également à prendre en compte.

Les considérations métacognitives comme le type de tâche à effectuer (lecture rapide, approfondie, recherche d'information,..) ou l'objectif de lecture sont déterminantes pour améliorer la qualité de la lecture. De même, la pratique répétée d'outils numériques affecte les performances de lecture : plus ils sont utilisés, meilleures sont les performances en lecture électronique.

Il faut également tenir compte du niveau scolaire ou de l'âge des élèves dans l'évaluation des usages des TNI. Trois facteurs dépendant de l'âge des élèves peuvent expliquer les résultats différents obtenus : la maturation oculaire, la familiarité avec la tâche et l'organisation des salles de classe.

En effet, la maturation des muscles contrôlant les mouvements des yeux et notamment la parallaxe, qui est l'effet de changement de

position d'un observateur sur un objet observé, n'est pas encore réalisée à 6 ans et débute vers l'âge de 10-11 ans. L'acuité visuelle n'est également complètement opérationnelle qu'à l'âge de 6 ans. La qualité de la vision ne sera donc pas la même entre les élèves de CP et les élèves de 6^{ème}.

Concernant la familiarité avec la tâche, les CP étant en plein apprentissage de la lecture, les différences interindividuelles sont plus importantes. C'est pourquoi un support individuel semble plus appréciable lors d'une tâche de lecture approfondie. Le support collectif qu'est le TNI semble permettre une meilleure concentration des élèves de 6^{ème} sur la tâche et offre moins de distraction qu'un ordinateur individuel.

Enfin, les salles de classe de CP n'avaient pas la même organisation spatiale que celles des 6èmes. Dans ces dernières, la configuration était semblable pour chaque classe, avec le tableau au centre du mur et les fenêtres sur la gauche des élèves.

ANNEXE 1

Synthèse des recommandations du livre blanc

Visibilité

- « Placer l'écran de manière à éviter les reflets »
- « Utiliser les volets/stores pour occulter les fenêtres des classes »
- « Projeter sur une surface mate et/ou antireflet »
- « Incliner le tableau pour un meilleur confort visuel »
- « Respecter un seuil de visibilité »

Lisibilité

- « Augmenter le confort visuel par le choix de la polarité »
- « Utiliser une large taille de caractères sur TNI »
- « Privilégier, à l'écran, une typologie sans empattements »
- « Respecter un rapport hauteur/largeur des caractères de 1:1 »
- « Choisir la casse (MAJUSCULE/minuscule) en fonction de la tâche »

- « Privilégier une disposition horizontale du texte »
- « Choisir la bonne résolution d'affichage »
- « Diversifier les tâches/réduire le temps d'exposition sur TNI »

Compréhension

- « Bien choisir la justification des textes »
- « Espacer les lignes du texte »
- « Indenter les paragraphes »
- « Eviter les phrases trop longues »
- « Utiliser des images, des schémas... pour illustrer les textes »
- « Adapter les supports d'apprentissage selon le contexte »

Recommandations générales

- « Organiser l'espace de travail »
- « Utiliser un tableau mixte »
- « Utiliser des variateurs d'intensité pour l'éclairage »
- « Eviter les phénomènes de scintillement »
- « Accompagner les enseignants dans l'utilisation des TICE »

Tableau récapitulatif des recommandations issues de l'état de l'art

	Paramètre	Recommandation	Commentaires	source
Visibilité	Reflét	Utilisation d'une couche antireflét, ou projeter sur un mur blanc Mat	Winterbottom et al., 2009 notent un phénomène d'éblouissement dû à la projection sur un tableau blanc effaçable	<u>NF EN ISO 9241-300 2008</u>
		Présence de volets/stores aux fenêtres des salles de classe	préférence pour des volets opaques	Winterbottom et al.,2009
		Système de variation du niveau d'éclairage des salles TNI	Fond de classe, devant du tableau séparée	
	Reflét/Point chaud/Ombre	Inclinaison du tableau (TNI ou tableau effaçable) de 5 à 10° en écartant la base du tableau par rapport au mur		Winterbottom et al.,2009
		Réduction du contraste entre le fond et la tâche de reflét (utilisation d'un fond noir/coloré)	superposition d'une autre couleur	
	Luminance de l'affichage		La luminance du dispositif d'affichage devrait être réglable manuellement ou automatiquement aux conditions ambiantes d'éclairage	ISO 9241-303 2008
	Type de lampe	fluorescent avec ballast (démarrage de lampe à froid) Néon avec starter: éclairage indirect plein spectre 5500°k	attention : l'éclairage fluorescent à 100Hz peut provoquer un stress visuel	Winterbottom et al.,2009
	Eclairage salle de classe	Maintien d'un niveau d'éclairage moyen de 300 lux dans les salles de classe et de 500 lux à la surface des tableaux blancs/noirs/verts	Un équilibre de la luminance (rapport 10:1) entre des surfaces de travail différentes est préconisé (ISO 9241)	PR NF EN 12464-1 : 2009
	Lumière du Jour	avec contrôle des ouvertures	la lumière naturelle évite les malaises visuels	Ritter et Robbin, 2000

	Résolution sur le tableau	minimum 1024 X768 pixels	affichage de base minimum	E. Besnard-Javaudin et al, 2009
	Scintillement écran	Les personnes sujettes à de l'épilepsie devraient être situées à plus d'un mètre de l'écran et devraient éviter d'être soumises à des écrans de luminosité supérieure à 200 cd/m ²	Utilisation d'écran avec une fréquence de rafraîchissement supérieure à 50hz pour les personnes présentant une épilepsie photosensible. Eviter de les exposer à des motifs montrant des structures symétriques répétitives (bandes rayées, alternance de bandes sombres et lumineuses). La couleur rouge est plus épiléptogène que le blanc (Takahashi, 1976 dans Baccino, 2004)	Wilkins, 1985 dans Baccino, 2004
	Scintillement des lampes fluorescentes	Utilisation de variateur de puissance électrique (gradateur de puissance avec une plage de tension large et sans scintillement)	Des recommandations pratiques sont fournies dans leur rapport en ligne	IEEE PAR1789 "Recommending practices for modulating current in High Brightness LEDs for mitigating health risks to viewers" http://grouper.ieee.org/groups/1789/public.html
Lisibilité	Contraste	amélioration par recouvrement de couleurs		
	Taille de caractères (22 et 26 pt)	Utilisation des grandes tailles favorise la vitesse de lecture, mais n'influence pas le nombre d'erreurs produits		Wilkins et al. (2009)
	Police de caractères (Verdana vs Sassoon Primary)	influence sur la vitesse de lecture, mais pas sur l'exactitude	Verdana meilleure (en temps de lecture) que Sassoon Primary	Wilkins et al. (2009)
	L'espacement de lignes (1, 1.5, 2)	Plus l'espacement est grand, meilleure est la vitesse et l'exactitude de lecture		Ling & van Schaik (2007)

	L'alignement de texte (gauche vs justifié)	L'alignement à gauche génère des meilleures performances même si la préférence des participants porte sur le texte justifié		Ling & van Schaik (2007)
	La polarité lettre/fond (testé sur 55 couples!)	Une typologie sur les combinaisons existe montrant certains couples des couleurs comme donnant lieu à un meilleur traitement	Testé sur tube cathodique P.ex. les meilleurs résultats ont été obtenus avec jaune sur noir, cyan sur noir, blanc sur bleu, noir sur jaune, blanc sur noir et vert sur des combinaisons de couleur noir	Humar, Gradis & Turk (2008)
	La longueur de lignes (55 caract vs 100 caract)	Avec une longueur de phrase moyenne (55 caractères par ligne) la lecture est plus efficace aux vitesses normales et rapides - niveau de compréhension plus élevée	Il est conseillé de faire une présentation normale (pas rapide)	DYson & Haselgrove (2001); Ling & van Schaik (2006)
	Résolution d'affichage (4 conditions : 125, 167, 200, 250 dot per inch)	Il est préférable d'avoir une résolution élevée, les travaux testant cet aspect dans des dispositifs mobiles plus petits vont dans ce sens		Huang a, Rau a & Liu (2009)
	Type de caractère (majuscule ou minuscule)	Le seuil de taille de police pour l'identification des lettres a été plus faible pour les textes en majuscules que pour ceux en minuscule. La vitesse de lecture est plus rapide en condition mixte qu'en condition majuscule ou minuscule		Arditi & Cho (2007).

	Typographie	Utilisation d'une police sans sérif	Comparée à une police avec sérif, la police sans sérif présente un léger avantage en termes de vitesse de lecture pour de faibles valeurs de luminance de caractères. Les mesures de l'acuité visuelle dans des conditions de faible luminance indiquent aussi un avantage de la police sans sérif. De préférence utiliser une valeur haute de luminance de caractère (146 cd/m ² dans l'étude citée)	Dean Yager, Kathy Aquilante, Robert Plass (1998) High and low luminance letters, acuity reserve, and font effects on reading speed. <i>Vision Research</i> 38, 2527-2531
	Taille caractère	Les symboles doivent sous tendre au moins 20 min d'arc. De préférence 20 à 22 mn d'arc. Une estimation approximative de la taille des caractères est de 1/200 th par rapport à la distance de vue	La taille des caractères est facteur le plus important pour la lisibilité sur écran. La taille optimale dépend de l'angle de vision et de la distance de l'utilisateur à l'affichage	FAA HUMAN FACTOR
		Eviter les caractères qui sous tendent moins de 16 min d'arc	La lisibilité diminue avec des hauteurs de caractères inférieures à 18 min d'arc	FAA HUMAN FACTOR
	Rapport hauteur/largeur caractère	Un ratio de 1:1 est optimale pour la lisibilité mais 0,6:1 est acceptable	Utiliser des symboles plus larges (au dessus du ratio de 1:1) pour les légendes	FAA HUMAN FACTOR
	Rapport épaisseur trait hauteur caractère	1:6 à 1:8 pour la polarité positive et de 1:8 à 1:10 pour la polarité négative		FAA HUMAN FACTOR
	Espacement entre caractère	un ratio de 0,25:1 (espacement:hauteur caractère) est souhaitable	Si l'espacement entre caractères est trop petit cela peut prêter à confusion les rendant difficile à distinguer surtout sur un support électronique. Et s'ils sont trop espacés le mot sera difficilement perçu comme un tout.	FAA HUMAN FACTOR

	Espacement entre lignes	Pour une meilleure lisibilité de texte de petite taille, utilisez une hauteur de ligne 3 à 4 points supérieures à la taille de caractère (ex: si une police de 8pt est utilisé, choisissez 11 ou 12 point d'interlignage)	Pour améliorer la lisibilité des polices sans serif ou de la polarité négative augmenter l'espacement entre les lignes	FAA HUMAN FACTOR
	Typographie	Police simple et sans serif particulièrement pour la polarité négative (caractère clair sur fond sombre)	Sur écran, les empattements (petites additions aux extrémités des caractères pour certaines polices) peuvent provoquer des difficultés à distinguer les caractères. (Ex de police sans serif: Verdana, Arial)	FAA HUMAN FACTOR
		Les majuscules doivent être réservés aux titres, légendes...	Les lettres minuscules sont plus distincts les uns des autres ce qui facilite la perception des mots par leur forme. L'italique est généralement difficile à lire du fait qu'à l'écran le rendu des lignes obliques n'est pas optimal comparé aux lignes verticales.	FAA HUMAN FACTOR
	Compréhension	Structure du texte	La mise en page du texte a une influence sur la lisibilité. L'exactitude et la vitesse de recherche visuelle (meilleurs résultats pour les structures de navigation situées à gauche et en haut)	
Disposition du texte (horizontal, vertical)		La disposition horizontal du texte génère une meilleure lisibilité et compréhension de celui-ci par rapport aux présentations verticales ou utilisant d'autres angles		Yu, Park, Gerold, & Legge (2010)
Formules Mathématiques		Meilleure distinction, la dynamique permise renforce la compréhension	Formation des enseignants	H.Slay et al (2008)
Capacité		Pour l'ensemble de la classe	Utilisation du stylo numérique	H.Slay et al (2008)

Difficultés de lecture	interactive			
	Interaction et interactivité	interaction de l'ensemble de la classe sur le tableau	Utilisation de la tablette mobile numérique	Omar S Lopez (2010)
	Polices et forme des lettres (Enfants présentant des difficultés de lecture)	Utiliser les polices Verdana ou Tahoma (Sans sérif). Ainsi que la même police pour tout le document. Utiliser une taille de police de caractère une à deux fois plus large que la police présente dans le manuel scolaire de l'élève. Utiliser un espacement important entre les lettres/les lignes/les phrases/les paragraphes. Nombre de personnes trouvent le double espacement utile. Utiliser avec parcimonie le gras, éviter l'italique et le soulignement qui tendent à changer la forme apparente des lettres	Recommandations destinées aux enseignants, parents et à ceux qui préparent du texte pour des personnes souffrant de difficultés de lecture (lecture sur papier)	Wilkins Vision and Reading Difficulties : Clarity of text - a guide for teachers, parents and those who prepare text for children with reading difficulty (http://www.optometry.co.uk/uploads/book_references/clarity_of_text.pdf)
Mise en page (Enfants présentant des difficultés de lecture)	Chaque paragraphe doit exprimer une idée. Regrouper les idées sous forme simple. Eviter les blocs denses de texte: Utiliser de courts paragraphes, utiliser des puces ou numéros... Utiliser de grandes marges, la justification à gauche et garder la marge de droite irrégulière. Eviter de surcharger le texte et de le placer au dessus de graphique en arrière plan. Utiliser des méthodes de présentation telles que les cartes mentales, les diagrammes pour expliquer les procédures, les listes enfin les pictogrammes et les icônes		Wilkins & al. Vision and Reading Difficulties : Clarity of text - a guide for teachers, parents and those who prepare text for children with reading difficulty (http://www.optometry.co.uk/uploads/book_references/clarity_of_text.pdf)	

		peuvent aider à localiser l'information	
	Couleur (Enfants présentant des difficultés de lecture)	Prendre en compte que certains élèves peuvent trouver plus facile de lire sur fond coloré, mais le choix de la couleur dépend des élèves. Concernant la couleur du texte, utiliser avec parcimonie la coloration du texte par exemple uniquement pour les titres.	Wilkins Vision and Reading Difficulties : Clarity of text - a guide for teachers, parents and those who prepare text for children with reading difficulty (http://www.optometry.co.uk/uploads/book_references/clarity_of_text.pdf)

ANNEXE 2

Construction du test de lecture

Matériel

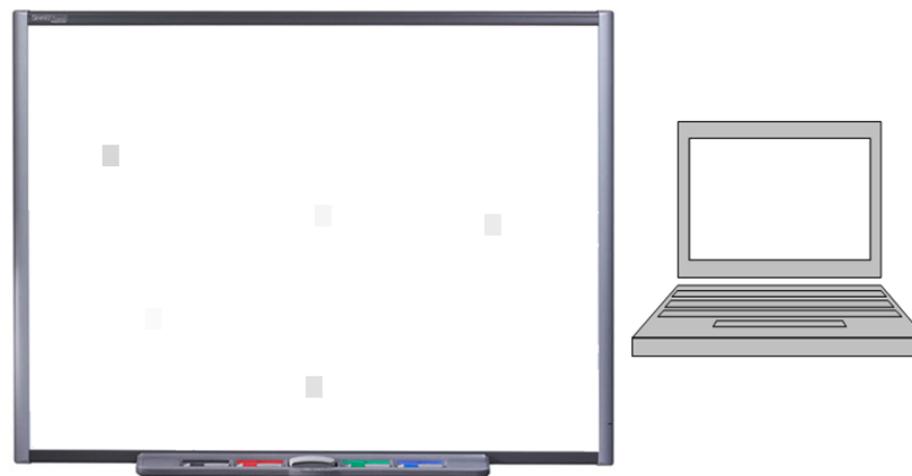
Test de Visibilité

Dans cette étude, l'objectif du test de visibilité est d'évaluer le seuil de détection visuel d'un signal lumineux sur les tableaux numériques interactifs et cela dans les conditions naturelles d'éclairage. En effet des travaux dans le domaine de l'éducation montrent l'importance de prendre en compte l'éclairage des salles de classe. Ils montrent qu'un éclairage excessif provoque de l'inconfort visuel et altère les performances des élèves [17].

Afin d'évaluer la visibilité à l'écran en tenant compte des conditions naturelles d'éclairage, une tâche psychophysique de détection du signal [45, 46, 47] a été mise en place afin de déterminer un seuil de visibilité. Des mesures de luminance du tableau sont aussi prises dans les salles de classe.

Le test consiste à détecter un point lumineux de forme rectangulaire (15 px X 19 px) montré de façon aléatoire sur l'écran. En

utilisant une procédure « staircase » [45], la luminance varie selon la détection des stimuli afin d'obtenir une valeur de visibilité : si le stimulus est détecté, il devient plus clair, s'il ne l'est pas, il devient plus foncé. Un seuil de détection/visibilité est calculé à l'issue de la procédure.



Consigne: Répondre le plus rapidement possible (O/N) si un point lumineux a été vu sur l'écran.

Figure 33. Procédure pour la visibilité

Sur les TBIs, les facteurs liés à la distance de vision, à l'angle et au reflet sont évalués selon quatre conditions : de près (première rangée

de la classe) à 90 °et à 45°, et de loin (dernière rangée de la classe) à 90° et à 45°.

Sur ordinateur, le seuil de visibilité est évalué sur ordinateur portable. Ici les élèves sont juste évalués sur une condition (passation du test devant l'ordinateur).

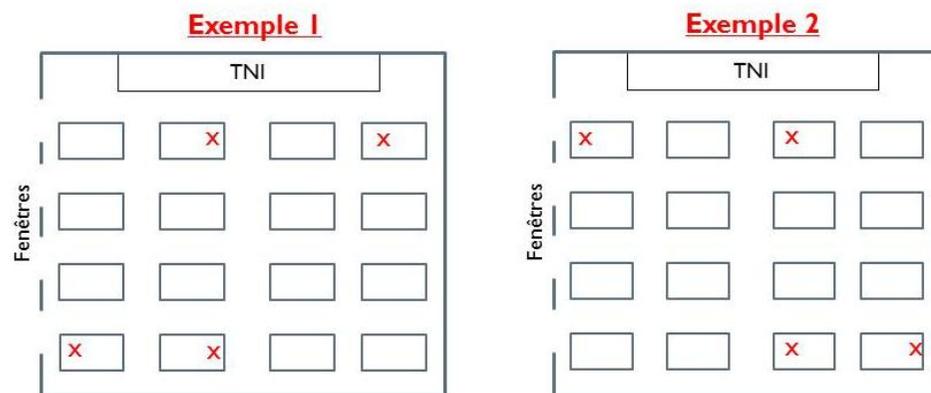
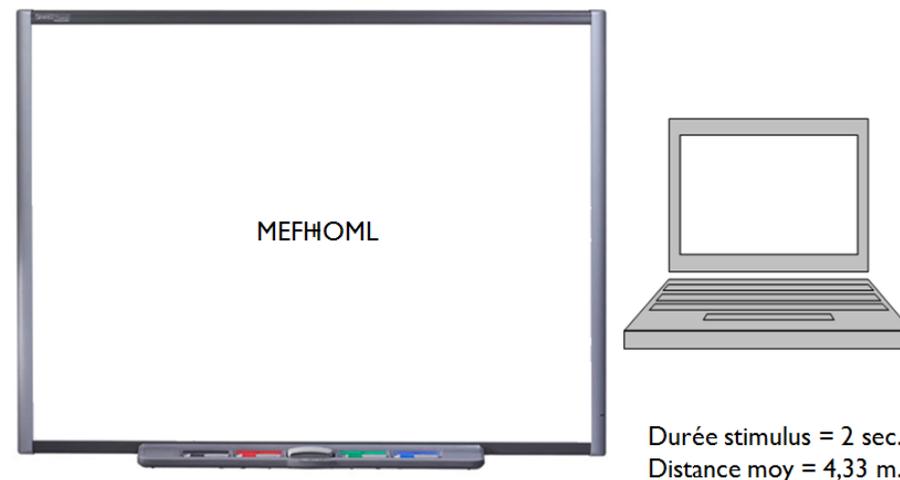


Figure 34. Exemples d'emplacements pour les passations sur TNI – Test de visibilité.

Test de Lisibilité

La lisibilité est estimée par une tâche de recherche de cible. Le but est de trouver une lettre (O/N) insérée dans une séquence de lettres aléatoires (non-mot) qui partagent (ou non) des caractéristiques

communes avec la cible [48]. Ainsi 12 non-mots de 7 lettres ont été générés sous la police Courier New de taille (7) pour chaque condition.



Consigne: Répondre le plus rapidement possible si la lettre N ou O apparaît sur l'écran.

Figure 35. Procédure pour la lisibilité

Sur TBI et ordinateur, le principal facteur étudié est la taille des caractères. La taille était 6 pts et 18 pts sur les TBI et 8pts et 18 pts sur l'ordinateur. Nous avons également manipulé le facteur présence/absence de la Cible et le facteur Congruence (traits partagés ou non partagés).

(Septembre 2011)

La police varie selon le niveau scolaire des élèves. Ainsi, pour les 6èmes la police Courier New est maintenue et pour les CP la police Déjà-vu sans serif est privilégiée afin d’avoir une police plus proche de l’écriture « bâton » utilisée généralement pour ce niveau.

Sur TNI, les élèves ne passaient qu’une seule fois le test au centre de la salle face au tableau (cf. Figure 36).

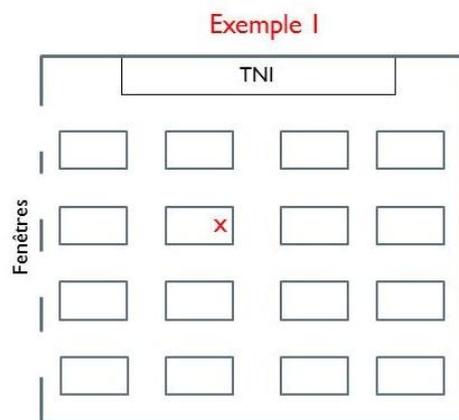


Figure 36. Exemple d’emplacement pour les passations sur TNI – Test de lisibilité

Le but est de déterminer une valeur de discriminabilité et les stratégies des participants dans la réalisation de la tâche (omissions, fausses reconnaissances ou bonnes réponses).

Test de Compréhension

Le but de ce test est d’évaluer la compréhension et la mémorisation des informations sur TNI/ordinateur. Nous avons construit 4 textes pour chaque niveau scolaire, 2 narratifs et 2 descriptifs, la compréhension de ces deux types des textes relevant d’une activité cognitive plus ou moins complexe [49]. En effet, les textes narratifs sont plus prédictibles alors que les textes descriptifs nécessitent un traitement plus élaboré des informations par le biais d’inférences [50] et la construction de modèles mentaux intégrant les informations fournies par le texte [51]. C’est pourquoi nous avons évalué les 3 niveaux de représentations par différents types de questions que nous avons construites pour le test de compréhension [52, 53].

D’autre part, nous avons introduit des illustrations afin d’évaluer leur rôle dans la compréhension, divers travaux sur ce sujet ayant indiqué que ces illustrations peuvent faciliter ou créer des interférences dans la construction du modèle de situation, i.e. dans l’intégration des nouvelles informations à celles déjà présentes en mémoire [42, 54].

Nos principaux objectifs sont de tester le rôle du type de texte utilisé (descriptif/narratif), le rôle des illustrations (avec/sans) ainsi que

du support (TBI/ordinateur) sur la compréhension et la mémorisation des textes.

José

C'était il y a cinq ans à peine. José prit dans sa main une poignée de terre. Elle était sèche, morte, presque de la poussière... José regarda son champ. De grosses mottes craquelées. Il n'avait pas plu depuis des mois et des mois. Rien ne poussait cette année encore sur le misérable nord-est brésilien.

Le jeune paysan pensa de nouveau à la merveilleuse nouvelle entendue au village : « Ils ont trouvé de l'or en Amazonie ! ». Il se redressa, jetant avec dépit la poignée de terre. Sa décision était prise : il allait partir.

Le même jour, José vola un cheval et s'enfuit. Il traversa l'immense Brésil, sans trêve ni repos, se demandant qui mourrait le premier de faim et de fatigue, lui ou le cheval. Mais le cheval s'avéra solide et lui, l'espoir le soutenait. Tous deux, après des semaines de route, arrivèrent à la lisière de l'immense forêt amazonienne... Là, José rencontra son premier chercheur d'or. L'homme était vieux, barbu, découragé : il dit qu'il s'en retournait chez lui, du côté de Brasília. Il dit qu'on trouvait de l'or dans la rivière Grota Rica, en indiquant le chemin à José, et lui offrit comme cadeau un galet gris piqueté de points brillants minuscules : de l'or, de l'or véritable...

José vendit son cheval, acheta une pioche, une baratte, un revolver et partit vers le rio Grota Rica, accroché à l'arrière d'un camion surchargé d'hommes. À l'endroit de la rivière où on avait trouvé de l'or, ils étaient des milliers et des milliers à fouiller l'eau et la boue des berges, torse nu ou en haillons sous le soleil éclatant.

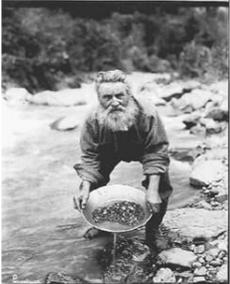



Figure 37. Exemple de texte narratif avec images pour les 6èmes

Comment vit l'éléphant

L'éléphant est le plus gros animal sur la terre.

L'éléphant vit dans la savane.

Il mange des herbes et des petites branches.

La maman éléphante porte son bébé dans son ventre.

L'éléphant est chassé pour l'ivoire de ses défenses.

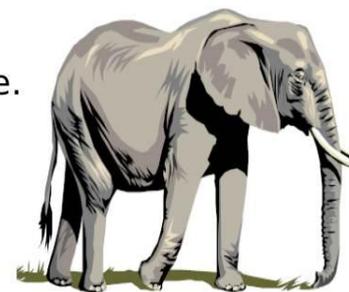


Figure 38. Exemple de texte descriptif avec images pour les CP

Participants

Cent-trente-sept élèves ont participé à cette expérience. 89 élèves de CP (âge moyenne 6.5) et 48 élèves de 6e (âge moyenne 11.4). La moitié des élèves de chaque groupe a passé les tests sur les TBI et l'autre moitié sur ordinateur.

Procédure

Nous avons réalisé les trois tests dans les classes. Les passations des tests de lisibilité et visibilité étaient individuelles alors que le test de compréhension était collectif.

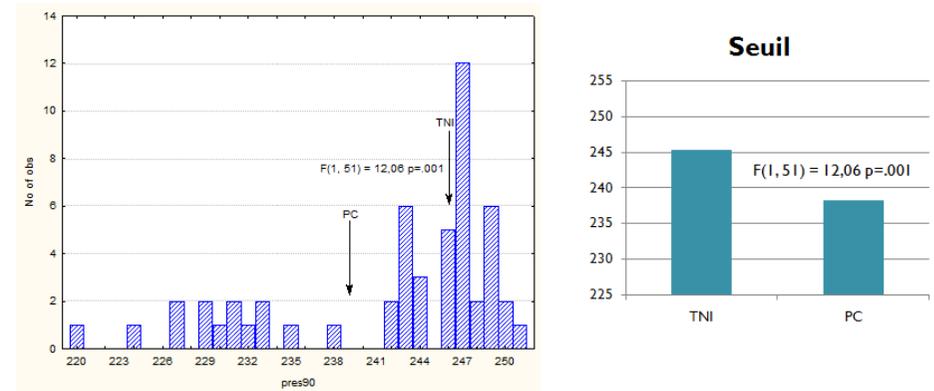
Pour les tests de lisibilité et visibilité, la tâche du sujet était de répondre en cliquant sur la souris de l'ordinateur si « oui » ou « non » il/elle avait vu le stimulus. Le logiciel E-prime permet de récupérer les temps de réponse ainsi que le type de réponse du sujet.

Pour la compréhension, les élèves lisaient les textes, présentés aléatoirement, collectivement sur le TNI et individuellement sur ordinateur (1 narratif+image, 1 narratif sans image, 1 descriptif+image, 1 descriptif sans image). Dans les deux cas ils devaient répondre par écrit à trois types de questions (surface, compréhension et inférentielle). Un score était attribué à chaque question. Nous obtenions ainsi un score pour chacun des textes ainsi que pour le corpus de textes.

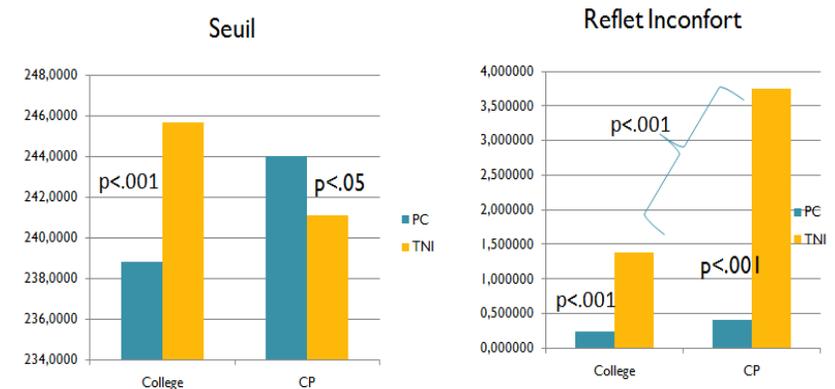
Résultats des tests

Visibilité.

- La **détection** est meilleure pour les TNI (seuil de détection plus haut) que pour le PC.

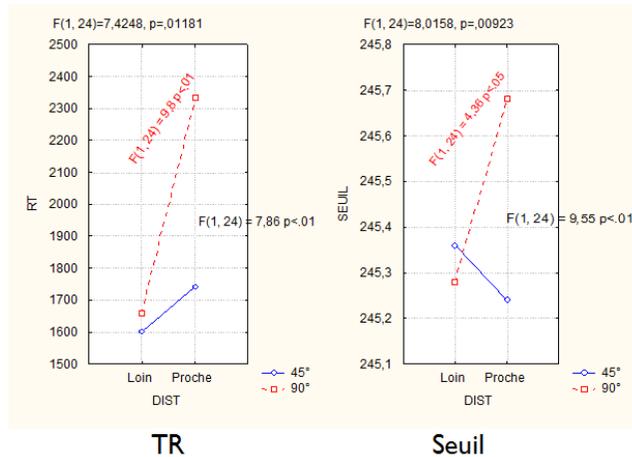


- La **détection** est meilleure sur les TNI (seuil de détection plus haut) que sur le PC pour les enfants de collège et c'est l'inverse pour les CP ?



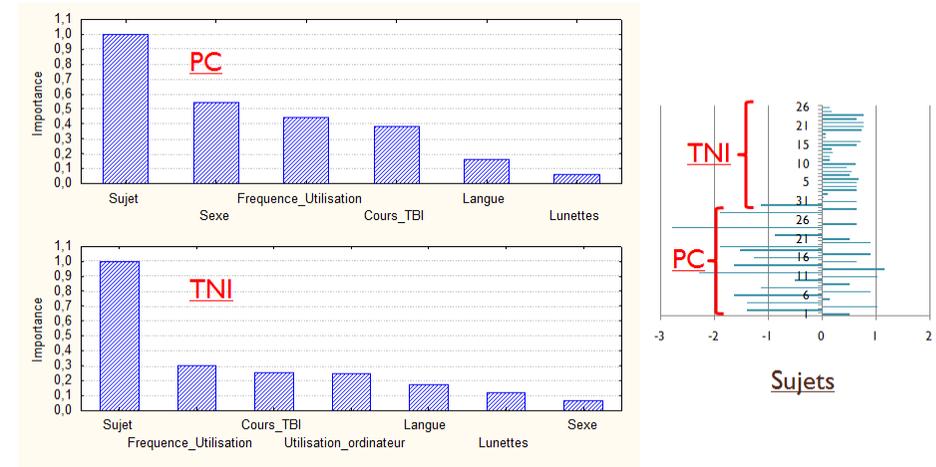
- Cette détection est INDEPENDANTE du reflet perçu (Reflet d'inconfort).

- La détection est meilleure et plus rapide au centre de la classe (90°) et à de courtes distances **UNIQUEMENT** pour le collège.
- Aucune interaction avec le CP.



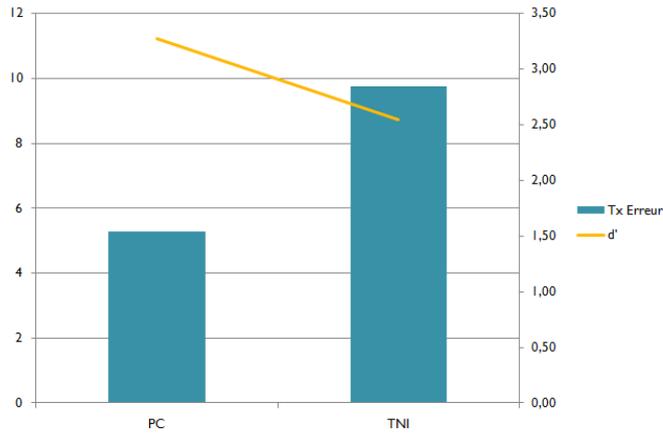
- TNI**
- Angle: 45/90°
 - Distance: proche/loin [étendue = 0,5..9,2m].

- Les variables individuelles qui affectent le plus le seuil de détection sont les caractéristiques du sujet (stratégies,...) et la fréquence d'utilisation d'un ordinateur.

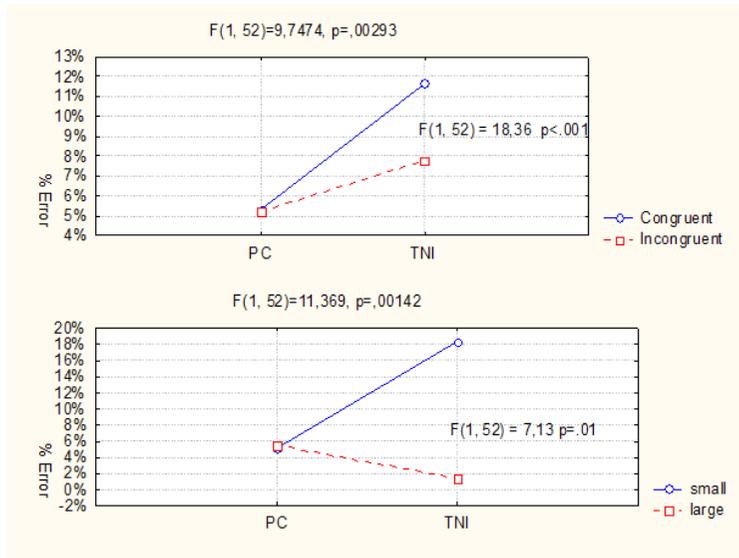


Lisibilité.

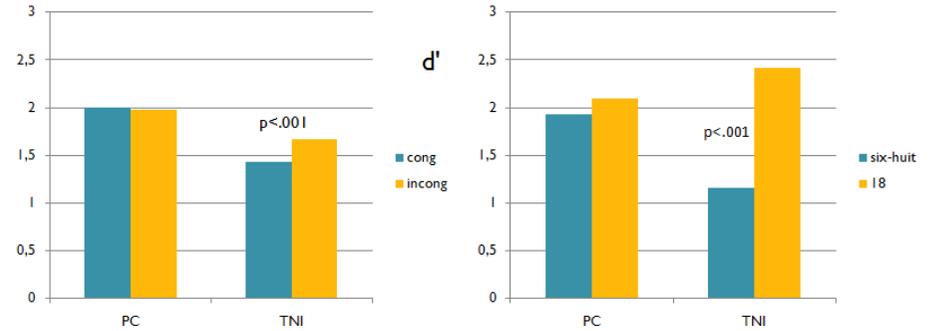
- L'identification et donc la discriminabilité est meilleure sur le PC que sur le TNI.



- Importance de la taille et du type des lettres sur les TNI. Aucun effet sur le PC.



Discriminabilité plus importante de la taille et du type des lettres sur les TNI. Aucun effet sur le PC. Discriminabilité meilleure pour le PC que le TNI.

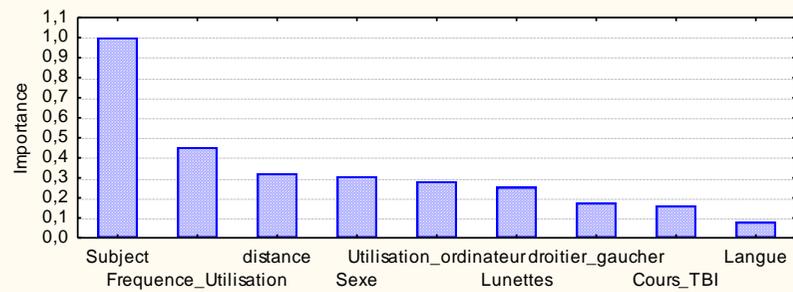


$$d' = P(\text{Hit}) - P(\text{Fa})$$

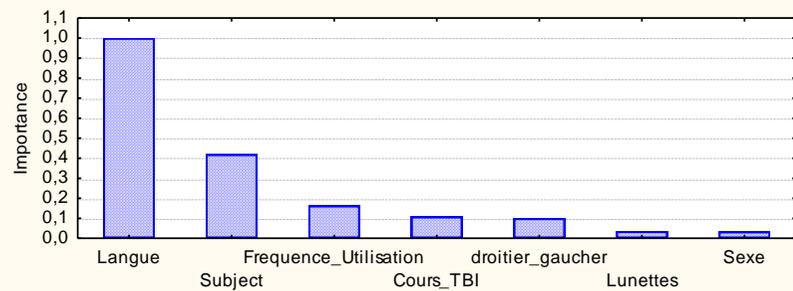
		Rep Sujet	
		Présente (0)	Absente (1)
Cible	Présente (0)	Hit	Omission
	Absente (1)	Fa	RC

Les variables individuelles qui affectent le plus le taux d'erreurs sont les caractéristiques du sujet (stratégies,...), la langue (PC) et la fréquence d'utilisation d'un ordinateur (cf. graphique page 52).

TNI



PC



ANNEXE 3

Présentation des partenaires



Laboratoire des Usages en Technologies de l'Information Numérique (LUTIN)¹²

Le LUTIN (Directeur Charles Tijus, Directeur Scientifique Thierry Baccino), situé à la Cité des Sciences et de l'Industrie, est une plateforme commune entre l'Université Paris 8, l'Université Paris 6, l'UTC de Compiègne, l'EPHE et Universcience. Le LUTIN est un Living Lab européen (Dir. T.Baccino).

Le LUTIN mène à la fois des recherches fondamentales et appliquées. Il fournit également aux administrations et aux entreprises des services et un espace de test pour la conception et la validation de leurs produits et innovations. La plateforme technique est composée de systèmes d'enregistrement psychophysiologique (Oculométrie,

¹² <http://www.lutin-userlab.fr/accueil/>

EEGs, EFRPs,..) et différentes salles de tests dédiées (gameroom, mobilitylab, physiolab) à des tests d'utilisabilité.



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Le MESR est, avec le Ministère de l'Education Nationale, chargé de l'enseignement en France. Il est également le principal ministère chargé de la recherche.

Les missions principales du MESR sont la direction générale de l'enseignement supérieur, la direction générale de la recherche et de l'innovation et l'insertion professionnelle des chercheurs.



Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et de la Vie Associative

Le MENJVA est, avec le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, chargé de l'enseignement en France.

Le MENJVA est chargé notamment de la direction générale de l'enseignement primaire et secondaire, mais aussi des centres de formation d'apprentis, des Greta et des établissements d'enseignement privé.

RÉFÉRENCES

- [1] OCDE (2011), Résultats du PISA 2009 : Savoirs et savoir-faire des élèves – Performance des élèves en compréhension de l'écrit, en mathématiques et en sciences (Volume I)
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264097643-fr>.
- [2] Snow, C.E. (2002). Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension. Santa Monica, CA: RAND.
- [3] Johnston, A.M., Barnes, M.A., & Desrochers, A. (2008). Reading comprehension: Developmental processes, individual differences, and interventions. *Canadian Psychology*, 49(2), 125-132.
- [4] Baccino, T. (2004). *La lecture électronique*. Grenoble: PUG.
- [5] ISO 9241-3 : (1992) Exigences ergonomiques pour le travail de bureau avec terminaux de visualisation – Exigences relatives aux écrans de visualisation.
- [6] Chen, Y., Xie, X., Ma, W.Y., & Zhang, H.J. (2005). Adapting Web Pages for Small-Screen Devices. *IEEE Internet Computing*, 9 (1), 50-56.
- [7] Darroch, I., Goodman, J., Brewster, S., & Gray, P. (2005). The Effect of Age and Font Size on Reading Text on Handheld Computers. *Human-Computer Interaction*, 3585, 253-266.
- [8] Streveler D.J., & Wasserman, A.I. (1984). *Quantitative Measures of the Spatial Properties of Screen Designs*. Proc. 1st IFIP Human-Computer Interaction Conf. INTER-ACT'84, London, U.K., 1125-1133.
- [9] Ding-Long, H., Pei-Luen, P.R., Ying, L., (2009). Effects of font size, display resolution and task type on reading Chinese fonts from mobile devices. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 81-89.
- [10] Wilkins, A., Cleave, R., Grayson, N., & Wilson, L. (2009). Typography for children may be inappropriately designed. *Journal of Research in Reading*, 32, 4, 402-412.
- [11] Ling, J., & van Schaik, P. (2007). The influence of line spacing and text alignment on visual search of web pages. *Displays*, 28, 60-67.
- [12] Humar, I., Gradis, M., & Turk, T., (2008). The impact of colour combinations on the legibility of a Web page text presented on

- CRT displays. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 885-899.
- [13] Huang, D.L., Rau, P.L.P., & Liu, Y. (2009). Effects of font size, display resolution and task type on reading Chinese fonts from mobile devices. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (1), 81-89.
- [14] Van Dijk, T., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press : New York.
- [15] Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, Le travail sur écran : Disposition de l'écran de visualisation dans l'espace. Consulté le 19 août 2011, sur [\[http://www.beswic.be/fr/topics/ergonomie/le-travail-sur-ecran/de-opstelling-van-het-beeldscherm-in-de-ruimte\]](http://www.beswic.be/fr/topics/ergonomie/le-travail-sur-ecran/de-opstelling-van-het-beeldscherm-in-de-ruimte).
- [16] INRS. (2004). *Méthode d'implantation de postes avec écran de visualisation en secteur tertiaire*, [\[http://www.inrs.fr/htm/methode_implantation_postes_avec_ecran.html\]](http://www.inrs.fr/htm/methode_implantation_postes_avec_ecran.html).
- [17] Winterbottom, M., & Wilkins, A.J. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology*, 29, 63-75.
- [18] ISO 9241-303 : (2008), Exigences relatives aux écrans de visualisations.
- [19] Legge, G.E., Rubin, G.S., & Luebker, A. (1987). Psychophysics of reading. V. The role of contrast in normal vision. *Vision Research*, 27, 1165-1171.
- [20] Hughes, L.E., & Wilkins, A.J. (2000). Typography in children's reading schemes may be suboptimal: Evidence from measures of reading rate. *Journal of Research in Reading*, 23 (3), 314-324.
- [21] Bernard, M., Lida, B., Riley, S., Hackler, T. & Janzen, K. (2002). A comparison of popular online fonts: Which size and type is best? *Usability News*, 4 (1), http://www.tbook.it/download/Usability_News%20.pdf.
- [22] Boyarski, D., Neuwirth, C., Forlizzi, J., & Regli, S.H. (1998). *A study of fonts designed for screen display*, CHI'98 Conference Proceedings, 87-94.
- [23] Tullis, T.S., Boynton, J.L., & Hersh, H. (1995). *Readability of fonts in the windows environment*, CHI'95 Conference Proceedings - Extended Abstracts, 127-128.

- [24] Arditi, A., & Cho, J. (2007). Letter case and text legibility in normal and low vision. *Vision Research*, 47, 2499-2505
- [25] Walker, S., & Reynolds, L. (2003). Serifs, sans serifs and infant characters in children's reading books. *Information Design Journal*, 11(2/3), 106-122.
- [26] Walker, S., & Reynolds, L. (2004). "You can't see what the words say": Word spacing and letter spacing in children's reading books. *Journal of Research in Reading*, 27, 87-98.
- [27] Yager, D., Aquilante, K., & Plass, R. (1998). High and low luminance letters, acuity reserve, and font effects on reading speed. *Vision Research*, 38, 2527-2531.
- [28] Yu, D., Park, H., Gerold, D., & Legge, G.E. (2010). Comparing reading speed for horizontal and vertical English text. *Journal of vision*, 10,2,21, 1-17.
- [29] Ziefle, M. (1998). Effects of display resolution on visual performance. *Human Factors*, 40 (4), 554-568.
- [30] Pascual, E. (1991). *Représentation de l'architecture textuelle et génération de texte*. Thèse, Université Paul Sabatier, Toulouse.

- [31] Virbel, J. (1986). Langage et métalangage dans le texte du point de vue de l'édition en informatique textuelle, *Cahiers de Grammaire*, 10, 1-72.
- [32] Goldman, S.R., Saul, E.U., & Coté, N. (1995). Paragraphing, reader, and task effects on discourse comprehension. *Discourse Processes*, 20, 273-305.
- [33] Ling, J., & van Schaik, P. (2006). The influence of font type and line length on visual search and information retrieval in web pages. *Human-computer Studies*, 64, 395-404.
- [34] Van Schaik, P., & Ling, L. (2001). The effects of frame layout and differential background contrast on visual search performance in web pages. *Interacting with computers*, 13, 513-525.
- [35] Lorch, R., & Chen, A. (1986). Effects of Number Signals on Reading and Recall, *Journal of Educational Psychology*, 78 (4), 263-270.
- [36] Stark, H.A. (1988). What do paragraph markings do? *Discourse Processes*, 11, 275-303.
- [37] Passerault, J-M., & Chesnet, D. (1991). Le marquage de paragraphes : son rôle dans la gestion des traitements dans la

- lecture. In G. Denhière (Ed.), *Le traitement cognitif du texte, Psychologie Française*, Numéro Spécial, 36, 159-165.
- [38] Baccino, T., & Pynte, J. (1998). The spatial coding and referential processing during reading, *European Psychologist*, 3, 51-61.
- [39] Schmid, S., & Baccino, T. (2001). Stratégies de lecture dans les textes à consignes, *Langages*, 141, 105-124.
- [40] Dyson, M.C., & Haselgrove, M. (2001). The influence of reading speed and line length on the effectiveness of reading from screen. *Int. J. Human-Computer Studies*, 54, 585-612.
[\[http://www.idealibrary.com\]](http://www.idealibrary.com).
- [41] Mayer, R.E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media, *Learning and Instruction*, 13, 125-139.
- [42] Mayer, R.E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12, 107-119.
- [43] Jamet, E., Le Bohec, O., & Hidrio, C. (2003). Comment présenter l'information dans les documents numériques éducatifs ?, *Document Numérique*, 7 (1), 1-14.

- [44] PR NF EN 12464-1 : (2009) Lumière et éclairage-Eclairage des lieux de travail -Partie 1: lieux de travail intérieurs.
- [45] Hairston, W.D., & Maldjian, J.A. (2008). An adaptive staircase procedure for the E-Prime programming environment. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 93, 104-108.
- [46] Levitt, H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics, *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, 467-477.
- [47] Farell, B., & Pelli, D. G. (1999). Psychophysical methods, or how to measure a threshold and why. In R. H. S. Carpenter & J. G. Robson (Eds.), *Vision Research: A Practical Guide to Laboratory Methods*, New York: Oxford University Press.
- [48] Gibson E.J. (1969). *Principles of perceptual learning and development*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- [49] Strahm, M., & Baccino, T. (2006). Conceptual non analogical schemata impact on expositive texts comprehension: visual strategies according to the expertise. *Psychologie Française*, 51, 25-40.

- [50] Schmalhofer, F., McDaniel, M.A., & Keefe, D. (2002). A Unified Model for Predictive and Bridging Inferences. *Discourse Processes*, 33 (2), 105-132.
- [51] Kintsch, W. (2004). The Construction-Integration Model of Text Comprehension and Its Implications for Instruction. In R.B. Ruddell, & N.J. Unrau (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading* (pp. 1270-1328). Newark, DE: International Reading Association.
- [52] Kintsch, E. (2005). Comprehension Theory as a Guide for the design of Thoughtful Questions, *Top Lang Disorders*, 25 (1), 51-64.
- [53] Daniel, F., & Raney, G.E. (2007). Capturing the effect of a title on multiple level of comprehension, *Behavior Research Methods*, 39 (4), 892-900.
- [54] Tversky, B., Morrison, J.B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*. 57 (4), 247-262.