



# La perception du temps

Travail de maturité

*Auteur :*  
Lucas Shooner

*Superviseur :*  
Nicolas Fiechter

GYMNASSE DU BUGNON SITE DE SÉVELIN

2016

[temporalite.github.io](https://temporalite.github.io)

Le modèle *The Legrand Orange Book* distribué par Mathias Legrand selon la license CC BY-NC-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>) a été utilisé et modifié pour la mise en page de ce travail. Image de couverture [15].

*Imprimé en octobre 2016*



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
1.1	Préambule	6
1.2	Méthodologie	6
1.3	Problématique	7
1.4	Introduction aux neurosciences	7
1.4.1	Définition	8
1.4.2	La temporalité	9
<b>2</b>	<b>Étude expérimentale</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Première expérience</b>	<b>13</b>
2.1.1	But	13
2.1.2	Définition du protocole	13
2.1.3	Résultats	15
2.1.4	Analyse	16
2.1.5	Expérience complémentaire	21
2.1.6	Définition du protocole	21
2.1.7	Résultats	21
2.1.8	Analyse	22
<b>2.2</b>	<b>Seconde expérience</b>	<b>23</b>
2.2.1	Expérience préparatoire	23
2.2.2	Définition du protocole	23
2.2.3	Résultats	24
2.2.4	Analyse	25
2.2.5	Expérience 2	26
2.2.6	Redéfinition du protocole	26

2.2.7	Résultats .....	27
2.2.8	Analyse .....	27
<b>2.3</b>	<b>Réponse à la problématique</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>31</b>
<b>A</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>32</b>
	<b>Expérience 1</b>	<b>32</b>
	Sudoku .....	32
	Questionnaires .....	33
	<b>Expérience 2</b>	<b>36</b>
	Sudoku .....	36
<b>B</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>37</b>
	<b>Livres</b>	<b>37</b>
	<b>Articles</b>	<b>37</b>
	<b>Non publié</b>	<b>38</b>
	<b>Ressources en ligne</b>	<b>38</b>



# 1. Introduction

## Résumé

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec sit amet turpis neque. Mauris nibh tellus, sollicitudin vel elit et, blandit accumsan ex. Mauris tempus lectus urna, id pharetra velit viverra vel. Sed sit amet massa sollicitudin quam luctus fermentum. Vivamus fermentum quis elit ut ullamcorper. Vestibulum finibus nunc velit, vel porta est tincidunt eu. Quisque molestie turpis tortor, eget tincidunt tellus bibendum at. Vestibulum eget magna justo. Sed quis libero purus. Ut sit amet nulla fringilla, volutpat dolor non, bibendum dui. Aliquam eu mi turpis. Quisque ut ullamcorper orci, non suscipit nulla. Aliquam et risus sollicitudin, aliquam lectus ac, gravida justo. Morbi nec sapien suscipit, sagittis purus non, euismod neque. Curabitur quis lectus sem.

In hac habitasse platea dictumst. Praesent ornare viverra libero, vitae placerat augue. Quisque accumsan diam nec tempor sodales. Nunc porta efficitur faucibus. Vivamus laoreet enim quis leo pellentesque feugiat. Ut ac quam a erat suscipit luctus. Nunc tempor, lacus at pellentesque varius, lorem urna dictum purus, nec lobortis dolor ligula id neque. Duis viverra posuere ultrices. Nulla sagittis enim sit amet dolor vulputate laoreet. Donec id metus at dui placerat tincidunt. Donec lorem eros, imperdiet id nunc vitae, pharetra tristique eros. Donec non rutrum tortor, dictum fringilla dui. Integer eleifend vitae ipsum tincidunt tempor.

Aliquam egestas at ipsum ac luctus. Donec elementum vulputate tellus a euismod. Ut ut ipsum eu magna placerat suscipit ut ac nulla. Suspendisse posuere quam porttitor ligula blandit efficitur. Mauris tortor lacus, tincidunt a gravida ac, cursus eget orci. Cras nec tincidunt mi. Aliquam sed aliquet lectus, euismod suscipit tellus. Morbi euismod nec augue a rutrum. Mauris in metus sed justo faucibus aliquam at nec eros. Nulla sit amet justo justo. Morbi urna est, consequat vitae blandit ac, venenatis eget mauris. Sed non arcu iaculis, porttitor erat a, porttitor massa. Ut tempor lectus eu turpis commodo feugiat. Ut velit neque, maximus ut vehicula sed, convallis et libero.

Morbi condimentum felis sed mi tristique dictum. Aliquam mattis aliquet est vitae volutpat. Aenean a odio consequat, aliquam erat eget, pharetra mauris. Suspendisse in.

## 1.1 Préambule

Avant de commencer ce travail, voici quelques mots à propos de ce sujet. J'ai toujours été intéressé par les sciences, c'est d'ailleurs pour cela que j'ai choisi l'option biologie et chimie au gymnase ; je voulais exécuter un travail comportant une partie pratique et l'approche expérimentale ainsi que le choix d'un travail de maturité portant sur la biologie me semblaient donc approprié avec mes centres d'intérêts. En plus de cela, le fait que le titre « *Neurosciences* » soit évasif m'a intéressé car il me garantissait une grande liberté dans le choix du sujet à développer.

Quant à la décision d'étudier la temporalité et plus particulièrement la perception du temps, elle s'explique par le fait que je devais choisir un sujet qui, tout en restant dans le domaine des neurosciences, permette de réaliser une expérience facilement et avec peu de moyens. Les résultats devaient être identifiables aisément et leur récolte devait s'effectuer sans avoir recours à un matériel sophistiqué. La perception du temps est de fait un sujet qui permet de nombreux angles d'approche et quand bien même des appareils spécialisés sont requis pour en comprendre les principes fondamentaux, il est possible de cerner quelques fonctionnements généraux en ne se basant que sur des manifestations externes. Je n'avais pas non plus les connaissances nécessaires

## 1.2 Méthodologie

Les connaissances acquises durant les deux dernières années passées au gymnase n'étant pas suffisantes à la réalisation de ce travail, j'ai dû me documenter à la bibliothèque cantonale universitaire et à celle du gymnase. Il est vrai cependant que ma bibliographie est pauvre en livres, les ouvrages consultés ne sont d'ailleurs pas en rapport direct avec mon sujet. La raison à cela est qu'il est relativement spécifique, les ouvrages généraux n'y consacrent qu'un nombre restreint de pages alors que les ouvrages spécialisés sont dispersés entre divers corpus médicaux ou psychologiques, possédant chacun leur jargon spécifique. J'ai dès lors eu un choix à faire pour palier à ce problème, soit je me contentai de faire une synthèse entre divers livres, traitant entre autre de mon sujet, ou alors je me concentrerai sur une littérature spécifique à la perception du temps. En suivant la seconde voie, j'ai eu de la difficulté à trouver des livres utiles à mon travail mais je me suis rendu compte qu'il existe un grand nombre d'articles traitant du temps et de sa perception. En conséquence, il ne m'a pas été nécessaire de chercher des livres alors que des articles traitent en détail de chacun des aspects de la perception du temps.

Une grande chance pour moi a été de pouvoir profiter des journaux *Cerveau & Psycho* car ils publient des dossiers thématiques qui traitent en plusieurs articles de différents aspects d'une problématique. C'est ainsi un dossier sur le sens du temps qui m'a permis de structurer mon écrit. La BCU m'a de plus permis d'accéder gratuitement à des revues telles que *l'Encéphale* ou le *Journal of Physiology-Paris* dans lesquelles j'ai trouvé des articles complémentaires à ceux précédemment cités.

J'ai aussi profité de ressources en ligne, en particulier de l'encyclopédie *Wikipédia* qui m'a permis de cerner mon sujet au début de mes recherches et ensuite à définir les termes inconnus que j'ai rencontrés au fil de mes lectures ; les recherches sur internet m'ont permis de gagner du temps par rapport à celles que j'aurais pu effectuer, de manière plus traditionnelles, en bibliothèque ou dans des ouvrages de référence.

Ces premières ressources m'ont servi de base théorique pour la réalisation de ce travail mais une part importante de celui-ci se situe dans l'interprétation des résultats de mon expérience, j'ai alors profité de la méthode utilisée lors de la réalisation des travaux pratiques.

Au niveau rédactionnel, il m'a semblé important de mettre un soin particulier dans la recherche des outils utilisés pour la réalisation de ce texte. C'est pour cela que j'ai cherché à bien faire les choses. J'ai ainsi appris à utiliser L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X pour rédiger mon manuscrit ; cela me garantissait une mise en page soignée et une grande aisance dans la gestion d'un long document, chose qui aurait été plus difficile à obtenir dans un logiciel de traitement de texte tel que Word. J'ai ensuite appris à utiliser Git, un logiciel de gestion de version, pour héberger mon travail sur la plateforme GitHub. Cela m'a permis de travailler sereinement en m'assurant que mon travail soit versionné et facilement récupérable en cas de perte.

La typographie c'est bien aussi [1]

### 1.3 Problématique

Ma problématique se divise en deux parties auxquelles je répondrai dans un premiers temps de façon théorique, puis par la pratique :

#### Comment la temporalité est-elle perçue par les humains ?

Nous voyons avec nos yeux, sentons avec notre nez et écoutons avec nos oreilles. S'il paraît évident que nous avons des organes dédiés à certains sens, il est cependant plus difficile de comprendre comment nous percevons le temps, car ce n'est pas une chose que l'on peut observer en tant que tel. Cette partie sera étudiée en préparation des expériences.

#### Peut-on influencer la perception du temps ? Si c'est le cas, dans quelle mesure est-ce possible ?

L'impression que le temps passe à un rythme différent dans notre tête que dans la réalité est un phénomène anodin, nous en faisons l'expérience de manière quotidienne, mais est-il possible d'induire ces distorsions, quels sont les facteurs nécessaires ou alors lesquels sont les plus efficaces pour y parvenir ? Ces questions permettent d'envisager diverses pistes de recherche qui constitueront le cœur de mon expérience. Je pourrai y apporter des éléments de réponse en analysant les résultats obtenus.

### 1.4 Introduction aux neurosciences

R Cette partie, réalisée avec la volonté de restituer le plus fidèlement les recherches et lectures dont elle est issue, n'est qu'une synthèse de connaissance provenant de diverses sources dont certaines sont probablement dépassées actuellement. Elle reflète ma compréhension de ce sujet et n'est donc pas exhaustive.

### 1.4.1 Définition (25)

Les neurosciences, domaine que l'on pourrait croire limité au cerveau par l'amalgame entre ce terme et le mot *neurone*<sup>1</sup>, visent à l'étude du système nerveux dans sa globalité. Celui-ci est divisé deux parties : le système nerveux central, constitué du cerveau et de la moelle épinière et le système nerveux périphérique, formé des nerfs et des ganglions. Ces neurosciences sont le sujet de plusieurs disciplines qui travaillent à divers ordres de grandeur, de l'échelle moléculaire à l'étude d'un organe tel que le cerveau, jusqu'à l'ensemble d'un organisme.

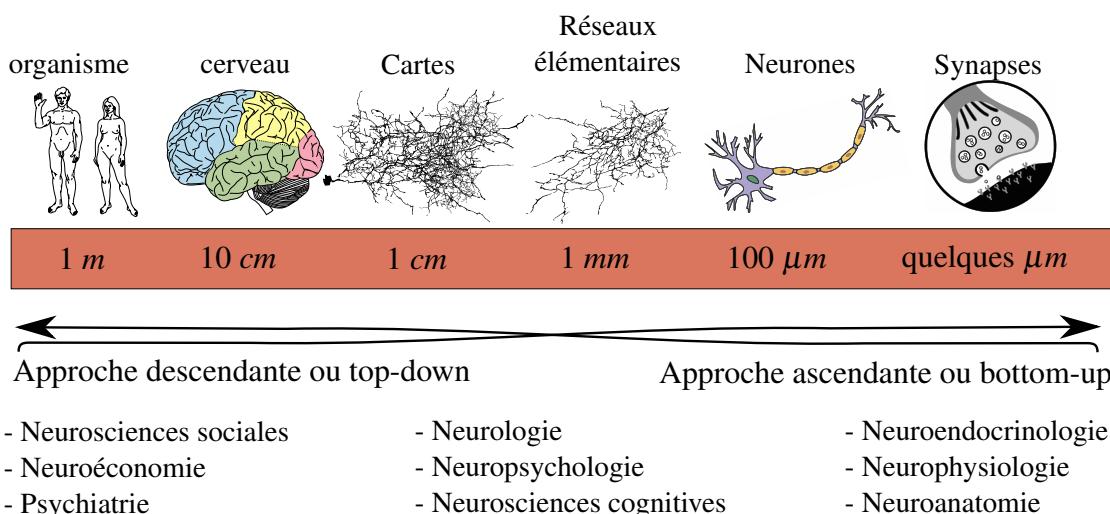


FIGURE 1.1 – Organisation du champ des neurosciences [16]

Les nombreuses disciplines qui se partagent ce champ de recherche permettent alors de l'aborder de différentes manières : l'étude des interactions synaptiques, la compréhension d'un comportement et le développement d'une interface homme-machine appartenant respectivement à la biochimie, aux sciences cognitives et à l'ingénierie. Ces différents angles d'approche se divisent ensuite en deux catégories distinctes mais complémentaires : une approche psychologique (cognition, psychologie...) et une démarche scientifique (biologie, chimie, mathématique...). Ils se réconcilient finalement selon deux approches opposées l'une à l'autre. La première, dénommée ascendante ou *bottom-up*, a pour but de comprendre le fonctionnement des constituants les plus élémentaires du système nerveux pour ensuite saisir les mécanismes qui régissent les structures supérieures et ce de manière récursive jusqu'à ce que la totalité du système soit compris. La méthode descendante ou *top-down* se définit comme une rétro ingénierie du système nerveux en considérant un organisme dans sa globalité, dans l'intention de comprendre la nature et le fonctionnement des circuits neuronaux par une observation du comportement. Les flux neuronaux et leur traitement sont ainsi caractérisables selon l'une ou l'autre de ces méthodes ; les influx sensoriels (tels que la sensation d'un objet sur la peau) et leur traitement relèvent d'une approche ascendante car ils déclenchent une cascade de réactions sans qu'un but précis ne régit l'ensemble du raisonnement. Les fonctions exécutives, qui permettent de modifier le comportement en fonction du contexte dans

1. La langue française regorge de locutions telles que « s'échauffer les neurones », « avoir les neurones rouillés », « titiller les neurones » pour lesquelles *neurone* et *cerveau* sont synonymes.

lequel l'on se trouve, fonctionnent au contraire selon un mode descendant car elles sont caractérisées par un dessein supérieur (tel que la planification d'une action) qui dirige le raisonnement vers une action à partir de différentes sources d'information [23, 29].

Si les neurosciences sont en général associées aux mécanismes neurobiologiques et donc à la cognition, ce champ de recherche offre des applications dans des domaines aussi divers que l'éducation (pour faciliter l'apprentissage [3]) ou la justice (des tribunaux américains ont recours à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) pour démontrer le lien entre des comportements délictueux et des lésions cérébrales bien que cette pratique fasse polémique [7]).

#### 1.4.2 La temporalité (4, 20, 21, 26)

L'homme est capable de percevoir le temps mais il est impossible de considérer cela comme un sens au même titre que la vue, l'ouïe, le goût, l'odorat et le toucher car nous ne possédons pas de récepteurs temporels et ne percevons pas de stimuli à son propos. Cela soulève alors la question de la nature du temps, car il est intangible. Saint Augustin s'intéressait déjà à cette question au Ve siècle en écrivant : « *Qu'est-ce donc que le temps ? Si personne ne me le demande, je le sais ; mais si on me le demande et que je veuille l'expliquer, je ne le sais plus* <sup>2</sup> » [27]. Nous faisons de plus l'expérience du temps sur une échelle allant de la miliseconde à plusieurs dizaines d'années et usons de processus cognitifs différents pour chaque catégorie de temps. Pour de longues durées, nous nous basons sur des cycles réguliers tels que les saisons, les phases de la lune ou l'alternance entre le jour et la nuit ; le calendrier est un temps social qui ne dépend d'aucune aire cérébrale spécifique mais utilise la mémoire et le langage. En effet, il est indispensable d'emmagasiner, de conserver et de récupérer des souvenirs pour se référer au passé. Il faut de même être capable de prévoir ou d'imaginer ce qui va se passer dans l'avenir pour appréhender le futur. De cela découle ensuite une organisation du temps selon une convention partagée par une population.

Sur une échelle temporelle plus courte, d'environ une journée, le cerveau est aussi capable de gérer des horloges biologiques (à ne pas confondre avec l'horloge interne qui mesure ou compare des intervalles de temps) qui s'occupent de la périodicité de cycles tels que l'alternance entre la veille et le sommeil.

À partir de 3 ou 4 secondes, le cerveau prend conscience du temps et implique un grand nombre d'aire cérébrales à son traitement, qu'elles soient corticales (zones superficielles du cerveau, responsables de fonction supérieures telles que la pensée) ou sous corticales. Ces durées allant de quelques secondes à une centaine de milisecondes sont notamment gérées par une horloge se situant à la base l'hypothalamus qui se synchronise avec l'environnement extérieur et social. La mémoire et l'attention jouent de plus un rôle prépondérant pour se souvenir d'un évènement ainsi que du temps écoulé et pour se concentrer sur le temps qui passe. Le cerveau parvient en outre à percevoir des durées de l'ordre de la miliseconde, utiles lors d'activités motrices, musicales ou verbales.

Si la perception de longues durées peuvent être décrites par une connaissance générale des mécanismes psychologiques, les durées courtes requièrent au contraire une compréhension des mécanismes neurobiologiques. Pour ce faire, il faut savoir quelles zones du cerveau sont en activité et à quel moment elles le sont. L'on répond à la

2. livre XI des *Confessions*

première question par l'usage de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, plus généralement désignée par l'acronyme IRMf, ainsi que par le procédé de la tomographie, qui permet de reconstituer le volume des zones étudiées à partir des vues en coupe de l'IRMf. La tomographie par émission de positrons (TEP), une technique d'imagerie permettant de visualiser en trois dimensions un mécanisme métabolique par un marqueur radioactif peut être aussi utilisée. Ces techniques n'ont cependant qu'une faible résolution temporelle, de l'ordre de quelques secondes pour l'IRMf à plus d'une minute pour la TEP. L'électroencéphalographie est alors employée pour y remédier, elle dispose en effet d'une résolution temporelle de quelques dizaines de millisecondes, ce qui lui permet d'enregistrer les divers potentiels électriques liés à des évènements comme des stimuli ou des opérations cognitives.

Un potentiel particulier est justement évoqué par l'estimation d'une durée. Il s'agit d'une onde lente que l'on appelle CNV pour *variation contingente négative* (en anglais *contingent negative variation*). Elle a été découverte en 1964 par le neurophysiologiste américain William G. Walter et son équipe qui ont demandé à des volontaires de presser sur un bouton après avoir entendu deux signaux. Le premier avait deux secondes d'avance et servait à avertir du second signal. Durant l'intervalle entre les deux, une onde électrique se développe dans la région frontocentrale du cerveau. Elle est créée d'une part par la focalisation des sujets sur le temps entre les deux stimuli et de l'autre par l'attente du second stimulus. Plus l'estimation du temps est importante, plus l'amplitude de la CNV augmente, ce qui semble confirmer la théorie selon laquelle nous possédons une horloge interne. Elle serait constituée d'une sorte de « pacemaker » qui délivrerait des impulsions à intervalle régulier et façon continue, à travers un interrupteur activé par un stimulus, dans une zone jouant le rôle d'accumulateur. Celui-ci transmettrait ensuite le nombre d'impulsions à une mémoire de référence. Lors de la deuxième durée, l'accumulateur transmettrait son compte à une mémoire de travail dont le rôle serait de comparer les deux durées [8].

Lorsque l'on fait des expériences pour tester le sens du temps, il faut différencier le temps prospectif (que l'on juge sur le moment), du temps rétrospectif (que l'on juge postérieurement au moment). Le premier cas de figure est observable en demandant à des sujets de produire des durées pendant un temps précis alors que le second est étudiable en leur demandant de reproduire des durées acquises (par exemple via un stimulus auditif). Il est aussi possible d'effectuer un exercice de discrimination temporelle qui consiste à comparer la durée de deux sons pour déterminer lequel est le plus long ou si une durée est égale à une autre. Ces expériences ont été effectuées chez l'animal [17] ainsi que chez l'homme [8] et ont donné lieu au modèle SET (*scalar expectancy theory*). Les éléments constitutifs de ce modèle sont l'horloge, la mémoire ainsi que le processus décisionnel dont il a été fait mention précédemment. La comparaison entre un temps mémorisé à long terme et le temps actuel se fait en calculant le ratio des deux ; lorsqu'il est inférieur à une certaine valeur, les deux durées sont jugées égales. Le temps subjectif est donc en moyenne identique au temps réel ; l'écart entre les estimations temporelles et l'estimation moyenne, le coefficient de variation du temps produit et la plus petite différence de temps à pouvoir être perçue sont linéaires, quelle que soit la durée à estimer [28]. Le calcul par ratio qui implique cette croissance linéaire décrit la perception du temps selon une forme de la loi de Weber-Fechner [8, 22], elle représente la relation logarithmique entretenue entre une sensation et la grandeur physique d'un

stimulus : la plus petite différence d'intensité perçue est identique lorsque l'on essaie de distinguer deux objets pesant 1 et 1,1 kg de deux autres ayant une masse de 10 et 11 kg [24] tout comme il est possible de compter jusqu'à 10 avec une précision de 1 seconde alors qu'elle augmente à environ 10 secondes lorsque l'on compte jusqu'à 100. Nous comptons d'ailleurs lorsque nous devons estimer une durée de manière précise car, le fait d'incrémenter un compte d'une unité pour chaque seconde nous permet de nous concentrer sur une petite durée temporelle et minimise l'imprécision.

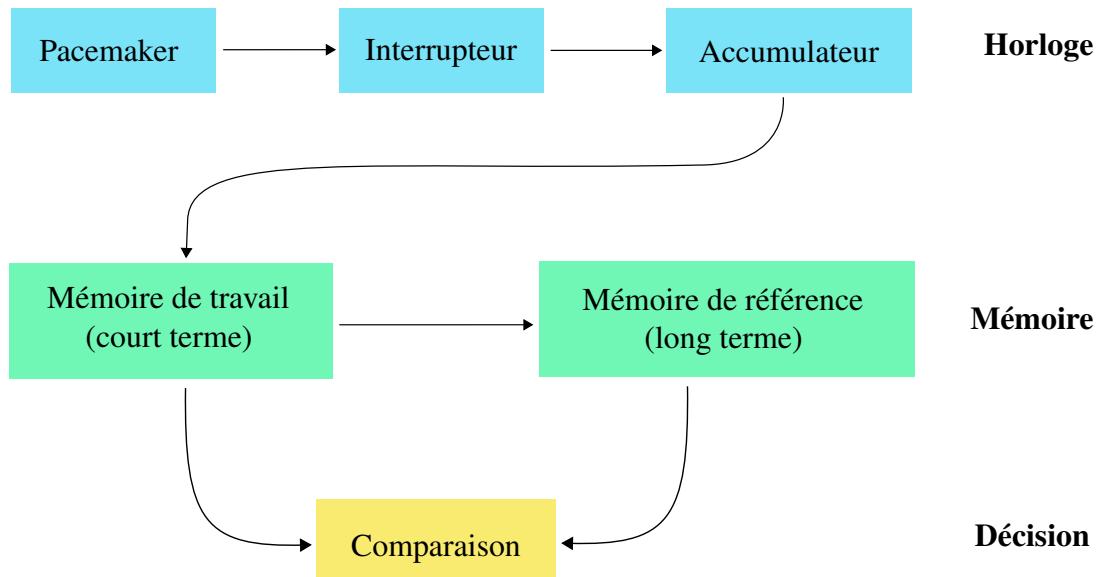


FIGURE 1.2 – Modèle SET de traitement de l'information temporelle [19]

Ce modèle linéaire est simple : il décompose la perception du temps en trois étapes, permettant ainsi de les associer à des structures cérébrales spécifiques et décrit très bien les comportements liés au temps chez les animaux. Bien qu'il soit observé et applicable chez les humains, il est certain que les processus qui régissent la perception et le traitement des informations temporelles de l'homme sont plus variés, en particulier car nous pouvons dévier notre attention de façon volontaire [28]. Il est en effet démontré qu'il existe deux systèmes dissociés de la perception du temps chez l'homme. Le premier se situe dans le cervelet, il est automatique et s'occupe de gérer des intervalles discontinus de l'ordre de la miliseconde. Le second système utilise quant à lui des fonctions des ganglions de la base et corticales, il est contrôlé de façon cognitive et prend en charge les événements temporels continus. Ce dernier peut être altéré en modifiant le taux de dopamine dans les ganglions de la base ; lorsqu'on l'augmente, cela a pour effet d'accélérer l'horloge interne. Les patients atteints de la maladie de Parkinson souffrent d'ailleurs d'une production de dopamine insuffisante et outre les problèmes moteurs occasionnés, cela modifie le fonctionnement de leur horloge interne. Leur perception du temps ne présente pas de caractéristiques linéaires mais cela devient le cas s'ils sont traités par une substance qui en potentialise les effets [2].

Cette perception peut être déformée par les émotions, le temps semble par exemple s'écouler plus lentement lorsque l'on traverse une dépression [5, 9]

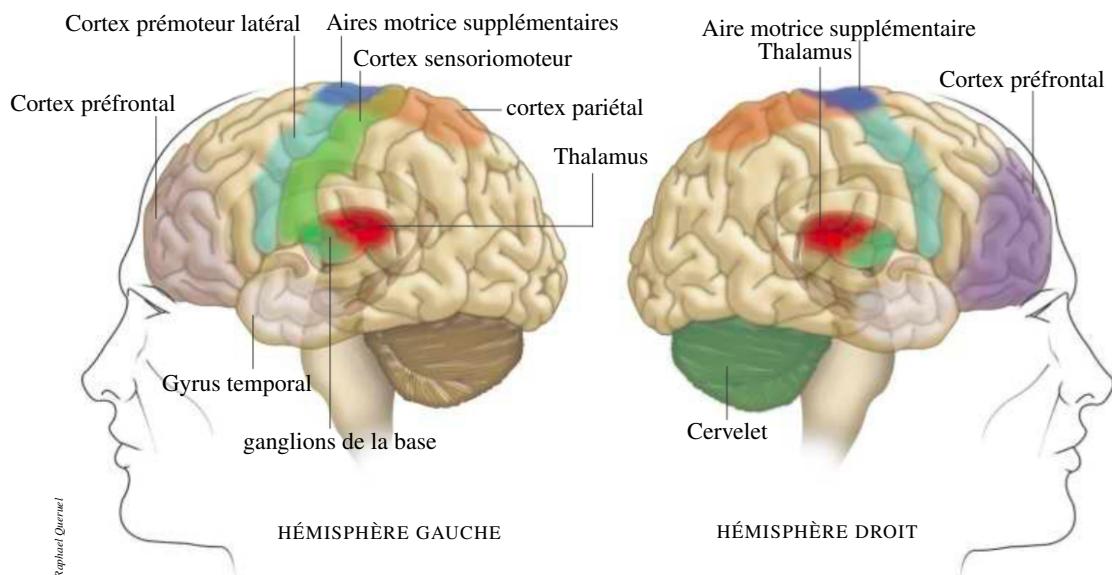


FIGURE 1.3 – Aires cérébrales associées à la perception temporelle [20]

TABLE 1.1 – Récapitulatif des différentes échelles de temps ainsi que des mécanismes associés [4]

Durée	Activités concernées et structures cérébrales impliquées
Plusieurs années	Mémoire autobiographique, souvenirs de période de vie, de durée d'événements anciens, orientation dans le temps
1 an	
1 mois	Aires liées au langage, aux images mentales, à la mémoire à long terme sémantique et épisodique
1 semaine	
24 heures	Rythmes biologiques, cycle veille-sommeil, rythmes circadiens, appétit Noyau suprachiasmatique, glande pinéale
1 heure	
1 minute	Estimation et perception des durées et intervalles supérieurs à la seconde, prise de conscience du temps et des durées
2–3 secondes	Cortex préfrontal (hémisphère droit), aire motrice, striatum
Quelques millisecondes	Mouvements rythmiques, contrôle moteur (des pas, par exemple), perception de la parole, du tempo en musique Cervelet, activité neuronale



## 2. Étude expérimentale

### 2.1 Première expérience

La perception du temps étant subjective, ce chapitre vise à déterminer s'il est possible de l'influencer. Il y a bien évidemment de multiples pistes à explorer pour tenter cela et il ne s'agira pas de répondre à la problématique de façon exhaustive mais plutôt d'effectuer des expériences permettant d'y apporter des éléments de réponse. Pour ce faire, j'ai jugé intéressant de choisir des variables de nature différentes pour chacune d'entre elles. Cette première section est dévolue à une manipulation psychologique de la perception temporelle tandis que l'objectif de la deuxième est d'influencer la temporalité des participants par une approche somatique.

#### 2.1.1 But

Pour cette première expérimentation, il est demandé à un groupe de personnes ne portant pas de montre d'effectuer une activité qu'ils prennent pour le sujet principal du test afin de ne pas influencer les résultats. Il est ensuite demandé à un autre groupe de répéter la même tâche dans des conditions différentes. Leur estimation du temps écoulé lors de chaque expérience est finalement récoltée individuellement par le biais d'un formulaire pour pouvoir ensuite la comparer à la durée réelle et ainsi déterminer si ces différentes conditions ont joué un rôle dans leur perception temporelle.

Il s'agira en l'occurrence de remplir un sudoku ou de dessiner sur la feuille lors de la projection d'un film tantôt intéressant, tantôt ennuyeux.

#### 2.1.2 Définition du protocole

##### Préparation

Il est nécessaire de préparer un certain nombre de choses avant l'expérimentation proprement dite :

**Environ trente sujets** Il faut un nombre assez important de participants pour pouvoir analyser leur réponses. Puisqu'il m'est difficile de déterminer à priori le risque de première espèce et les divers paramètres requis pour obtenir la puissance

statistique de 95 % requise en biologie pour que les résultats soient acceptables, je choisis arbitrairement de créer deux groupes de 16 personnes<sup>1</sup>, j'en dispose ainsi d'une trentaine au total. Il faut aussi tenir compte de la capacité des salles du gymanase qui atteint rarement plus de 25 places, auquel cas la totalité des tables sont occupées, mettant ainsi certains participants dans une position inconfortable pour voir le film qui servira de variable pour modifier leur perception du temps.

**Une salle** Elle doit être assez grande pour accueillir tous les participants, être le plus neutre possible et se situer dans une partie calme du gymnase pour éviter toute distraction. Elle doit disposer d'un projecteur avec un système de sonorisation et les éventuelles horloges sont démontées avant le début de l'expérience.

**Un sudoku** Il faut préparer un sudoku de faible difficulté pour que tous les participants soient sur un pied d'égalité. Il est distribué à tous les cobayes qui doivent le remplir pendant que le film est projeté. Son rôle principal est de faire croire aux participants que le but de l'expérience est de réaliser deux tâches en même temps, il est en effet impossible de concentrer son attention sur le film et le sudoku. Il sert ensuite à concentrer tous les participants sur le même problème, pour tenter de les induire dans un état d'esprit commun afin de normaliser les résultats. Il est cependant illusoire de penser que la totalité des participants apprécieront le sudoku de la même façon. Pour éviter qu'un rejet de cette activité ne perturbe quelqu'un, il faut laisser le choix de dessiner sur la feuille. Cette alternative permet ainsi de concilier les participants n'ayant pas d'intérêts pour les activités réflexives avec le reste du groupe.

**Deux films** Il faut qu'ils soient de même durée mais de nature très différentes car ce seront eux qui influenceront les sujets. Le premier doit être intéressant tandis que le deuxième doit être ennuyeux. Ils doivent être courts, puisqu'il est difficile de motiver quelqu'un à participer si l'expérience est longue. Le choix de ces films doit en outre être judicieux, car c'est à travers eux que l'expérimentateur risque d'introduire des biais expérimentaux, s'il sélectionne des vidéos n'étant pas considérés comme intéressantes ou ennuyeuses par les participants.

La vidéo ennuyeuse est un extrait d'une vidéo dans laquelle des voitures roulent sous un pont. La caméra est fixe, il fait nuit et la musique d'ambiance est répétitive, au même titre que la vidéo. L'extrait utilisé pour la seconde partie de l'expérience est opposé au précédent car il met en scène une interview de Sylvain Durif<sup>2</sup> de façon dynamique ; l'entretien se déroule à plusieurs endroits et la caméra est mobile. Les questions et réponses apportent une dynamique opposée à la première vidéo, le côté saugrenu de l'intervenant étant l'aspects le plus important dans le fait qu'il paraisse drôle et intéressant.

Ils doivent de plus être visionnés sans que la barre d'avancement ne s'affiche à l'écran, pour ne pas révéler leur durée. Pour ce faire, il est possible d'utiliser le logiciel VLC qui permet de glisser sous l'écran la partie affichant les informations temporelles

1. J'estime en effet qu'il est peu utile de suivre une démarche qui requiert un nombre très important de sujets, puisqu'il est très difficile d'en réunir une grande quantité dans le cadre du gymnase. Il serait ainsi absurde d'utiliser un raisonnement formel pour déterminer un nombre de sujets qui ne saurait être atteint.

2. <https://www.youtube.com/user/Elvita71258>

**Des formulaires** Ils doivent poser des questions en rapport avec la pseudo expérience.

Il y en a un pour chaque vidéo, leur structure est similaire et ils ont en commun la question à laquelle il est demandé d'estimer le temps écoulé durant l'expérience. Le nombre de questions est limité pour laisser aux sujets le temps de se concentrer sur leur réponses dans le but d'éviter qu'ils ne le fassent machinalement.

### Méthode

1. Chercher assez de personnes pour pouvoir effectuer l'expérience et leur expliquer qu'elle est assez courte, en restant évasif s'ils demandent sa durée. Déterminer deux groupes égaux de sujets pour la suite de l'expérimentation.
2. Préparer la salle, démonter les horloges et s'assurer que le vidéoprojecteur ainsi que le système audio soient allumés et en état de marche. Le film est ouvert en mode plein écran et la barre d'avancement est cachée.
3. Faire entrer les sujets du premier groupe, leur distribuer à chacun une page de sudoku. Leur expliquer que l'expérience porte sur l'attention sans donner plus d'indications.
4. Commencer la lecture du premier film (ennuyeux) et leur indiquer qu'il peuvent commencer leur sudoku. Il faut ensuite préciser qu'ils ne sont pas obligés de le faire et qu'ils peuvent dessiner à la place.
5. À la fin de la vidéo, préciser que l'expérience est terminée, distribuer le formulaire approprié et récupérer les sudoku.
6. Récupérer les formulaires.
7. Répéter les étapes précédentes avec le second groupe et la vidéo intéressante.
8. Jeter les sudoku.

### 2.1.3 Résultats

TABLE 2.1 – Partie A (ennuyeuse, 5'20")

Nom	Temps perçu
Barbara	5'00"
Laura	5'00"
Emmanuelle	5'00"
Hiba	5'00"
Issa	5'00"
Ahmed	5'42"
Imad	6'00"
Sofia	6'30"
Aliénor	8'00"
Célia	8'00"
Kelly	8'00"
Anonyme 1	8'37"
Oana	9'00"
Camila	10'00"
Aurélien	10'00"
Lucas	10'00"

TABLE 2.2 – Partie B (intéressante, 5'30")

Nom	Temps perçu
Anonyme 2	2'30"
Sajinth	3'30"
Luna	4'00"
Khaled	4'00"
Léa	5'00"
Amira	5'00"
Nadia	5'00"
Léa	5'00"
Arnaud	5'30"
Sekatski	6'00"
Anonyme 3	6'00"
Arnaud	6'00"
Louis	7'00"
Ronald	10'00"
Nils	10'00"
Nicolas	12'00"

## 2.1.4 Analyse

### Analyse critique

Avant d'analyser les résultats, il me paraît utile de recenser les biais qui ont pu interférer avec cette expérience. J'ai pris le parti de ne pas effectuer cela dans une partie située après les résultats et dédiée à la discussion, comme il est d'usage lors de travaux pratiques, car cette expérience n'a évidemment pas été réalisée dans le cadre éprouvé d'un cours ; il est certain qu'elle pourrait être améliorée sous de nombreux aspects pour éliminer un maximum de biais. Bien qu'il soit sans conteste difficile de se prononcer à propos de leur impact sur les résultats, il est néanmoins nécessaire de les répertorier en premier lieu pour ensuite considérer l'analyse des résultats de façon critique.

J'ai réalisé la première partie de l'expérience (vidéo ennuyeuse) avec ma classe lors d'un cours de biologie. Bien que je leur aie demandé personnellement s'ils étaient d'accord d'y participer, certains élèves s'y sont peut-être sentis obligés et ont pu aborder l'expérience d'un point de vue négatif. Cela a peut-être contribué au fait que le temps ait paru passer plus lentement.

Quant à la deuxième partie de l'expérience (vidéo intéressante), une personne m'a indiqué avoir déjà vu la vidéo et connaître approximativement sa durée. Malgré le fait que je n'en aie projeté qu'un extrait, cela l'a possiblement aidé à définir la durée de l'expérience. Je l'ai en outre réalisée à la pause de midi, environ 15 minutes avant la reprise des cours. Cela a alors indiqué le temps maximal de l'expérience, à partir duquel il a été possible de déduire sa durée réelle.

D'un point de vue plus général, le sodoku a été choisi comme tâche à réaliser lors l'expérience pour que tout les participants soient dans un même état d'esprit. Il permet ainsi d'unifier leur référentiel temporel par une activité ludique. Il est cependant possible que certains d'entre-eux n'en soient pas adeptes, causant ainsi une modification de leur état d'esprit par rapport au reste du groupe. Néanmoins, malgré la possibilité de dessiner, tout le monde a préféré remplir les sudokus. Ce comportement n'est certes pas révélateur de la pensée intime des participants à leur propos, peut-être les personnes réfractaires à cette activité n'aimaient pas non plus dessiner, auquel cas il est plausible qu'elles ne l'aient réalisée que par dépit. C'est assurément une tâche ardue que de quantifier l'impact de ce paramètre sur les résultats mais j'estime qu'il peut être négligé car il ne concerne probablement qu'une faible partie des participants et il est vraisemblable qu'il affecte les deux groupes de manière équivalente, la population dont ils sont issus étant homogène. La comparaison des résultats des deux expériences n'est alors biaisée que si l'on considère la valeur absolue des durées estimées ; elle pourrait être supérieure à la durée attendue car l'aversion des sudokus serait responsable de sentiments négatifs et par conséquent d'une augmentation de la durée perçue [5, 9]. C'est toutefois l'écart relatif entre ces deux expériences qu'il est intéressant d'observer pour déterminer l'impact de la vidéo sur la perception du temps. A partir de la certitude que les vidéos sont effectivement (in)intéressantes<sup>3</sup>, il doit être possible de considérer ces résultats comme étant fiables.

Une expérience préparatoire aurait d'ailleurs été plus utile que l'expérience complémentaire que j'ai effectué. Mis à part des détails triviaux tel que le besoin de fournir des crayons aux participants dans le but d'être plus efficaces, le fait de tester mon protocole sur un groupe réduit de personnes m'aurait donné un aperçu des résultats

3. cf. *expérience complémentaire* page 21

auxquels je devais m'attendre. J'aurais ainsi pu me rendre compte que mon jugement à propos des vidéos n'est pas partagé par la totalité des sujets et ajouter un point dans le questionnaire pour définir l'intérêt que les participants leur ont porté.

Il est pourtant difficile de tirer des conclusions générales à partir d'un échantillon de 16 personnes. Cette expérience dépend de divers facteurs et devrait être effectuée sur un échantillon plus important pour assurer la puissance statistique de ses résultats. Cette contrainte tient en partie au fait qu'il ne faut pas que les participants ne soient au courant de son but réel. Si je fais participer des personnes qui sont en relation avec les précédents participants, il y a des chances qu'ils sachent que je ne cherche qu'à les tromper en leur expliquant que j'effectue une expérience sur l'attention. Ils pourraient être focalisés sur le temps qui passe et il ne serait pas intéressant d'analyser leur résultats avec ceux des personnes n'ayant pas fait attention au temps. Une solution à ce problème aurait été de doubler les groupes de participants et de réaliser l'expérience dans deux salles en parallèle. Je ne l'ai pas fait car j'ai eu de la difficulté à trouver assez de personnes disponibles au même moment. Il y

Il est aussi possible que les vidéos aient été trop courte pour que les participants réfléchissent à leur durée. Il est probable que certains d'entre-eux aient considéré que le temps était court et répondu 5 minutes de la même manière que l'on répond « J'arrive dans 5 minutes. » pour signifier que l'on arrive bientôt sans pour autant être précis. Les élèves qui ont répondu cela ont alors probablement utilisé un système de représentation temporel basé sur des normes sociales plutôt que sur une interprétation personnelle de la durée écoulée.

Si l'on considère l'ensemble de ces facteurs, il en ressort que cette expérience est complexe car elle repose sur une variable psychologique, de nature aléatoire et fortement influençable par un grand nombre de facteurs.

### **Analyse des résultats**

Envisageons d'abord l'aspect général des résultats de cette expérience. Il est certes intéressant de les observer dans leur tables mais l'usage d'histogrammes nous permettra de définir visuellement deux caractères utiles à l'interprétation de ces chiffres : nous pourrons en premier lieu nous rendre compte de l'étalement des résultats sur l'axe temporel, puis nous examinerons s'ils convergent vers une valeur précise. Ces deux informations serviront à caractériser la réponse des groupes face aux expériences.

Commençons par commenter l'histogramme de gauche. Il représente le groupe ayant participé à la partie A de l'expérience, il a été exposé à une vidéo ennuyeuse. L'on remarque que la totalité de ses participants ont perçu le temps comme étant égal ou supérieur à *5 minutes*. C'est justement cette limite inférieure qui a été perçue selon 6 sujets sur 16. Cette proportion dépassant les deux tiers des résultats, il est inutile d'avoir recours à une analyse statistique complexe pour déterminer qu'elle n'est pas issue du simple hasard. Cette constatation mène ensuite à l'examen de deux pistes pouvant expliquer cette situation.

La durée de cette expérience était-elle mal choisie ? Nous pouvons en premier lieu nous demander s'il était judicieux de projeter une vidéo d'environ *5 minutes*. Comme nous l'avons mentionné dans la partie précédente de cette analyse, cela est probablement dû à une estimation temporelle approximative. Bien qu'il leur ait été demandé d'indiquer

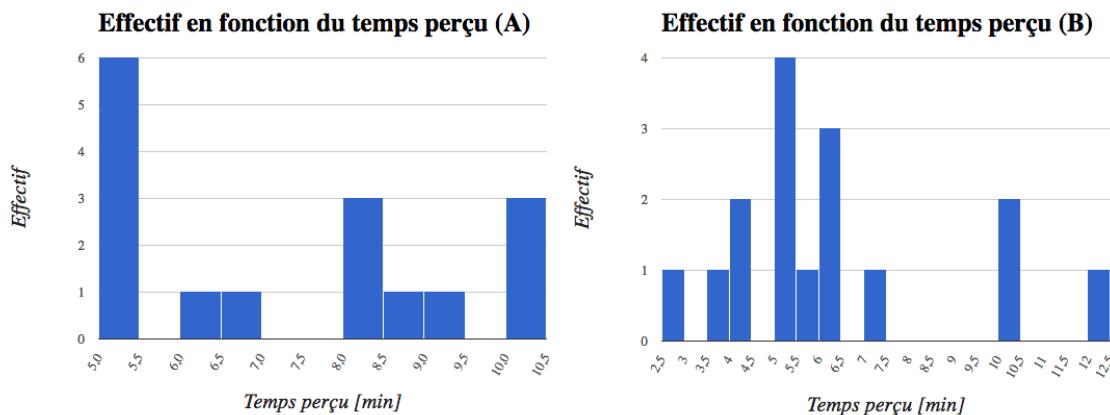


FIGURE 2.1 – Histogrammes représentant la répartition des participants en fonction du temps perçu lors des deux parties de la première expérience.

leur réponse en minutes<sup>4</sup>, ces participants ont potentiellement découpé leur estimation selon une échelle supérieure. Ces fameuses *5 minutes* seraient dans ce cas-là une durée par défaut, dont la restitution s’expliquerait par un traitement sémantique du temps écoulé. Ce nombre particulier perdrait alors sa valeur mathématique pour ne plus être qu’une simple expression fixée par l’usage [6]. Cette interprétation signifie qu’une partie importante des résultats est peu utile si l’on estime *5 minutes* de manière automatique lorsque nous sommes incertains de la durée réelle de l’expérience. Nous pouvons cependant arguer que si la durée avait été différente, le même phénomène se serait sans doute reproduit.

Les participants ont-ils été aptes à juger correctement le temps écoulé ? Une autre interprétation de ce nombre important de résultats égaux à *5 minutes* est que ces participants ont estimé précisément la durée du test. Cete proposition me paraît cependant moins probable car cela impliquerait la présence de deux groupes, celui des personnes capables de percevoir le temps avec fiabilité et un autre, constitué de personnes n’ayant pas cette compétence. Même si deux durées ont été perçues de manière identiques par trois personnes chacune, cela est probablement le fruit du hasard pour les 8 minutes. Quant aux 10 minutes, j’estime qu’il s’agit une fois encore de l’influence de la langue sur les nombres. Le dix étant « rond », il possède une valeur particulière.

À propos de la répartition des résultats, elle est relativement uniforme et s’étale dans un intervalle de *5 minutes*. Il est étonnant de constater qu’aucune valeur n’est inférieure à la durée réelle de la vidéo. Cela est certes sympathique dans le sens où mon hypothèse (selon laquelle l’on manipule la perception du temps par l’ennui que ce film provoque) est confortée. La répartition actuelle est néanmoins peu utile pour déterminer vers quelle valeur les résultats convergent car je n’ai apparemment pas récolté assez de résultats pour qu’ils soient répartis de manière normale. Il est toutefois probable que la variation entre les résultats ne soit pas totalement aléatoire. Dans la perspective où les participants se sont effectivement ennuyés, ils ont considéré que la durée était longue (comme l’attestent les durées subjectives supérieures à la durée réelle de la vidéo) et ont de ce fait écarté des durées qui sont généralement considérées comme courtes. L’écart

4. Une échelle plus courte n’aurait pas eu de sens compte tenu de l’imprécision inhérente au processus de la perception temporelle.

entre quatre et cinq minutes n'étant pas identique dans un contexte manthématique ou lexical, j'imagine que les fameuses *5 minutes* sont une limite psychologique à partir de laquelle, en tout cas dans le contexte de cette expérience, la durée est considérée courte.

Le traitement de ce premier histogramme nous suggère que la vidéo a effectivement un effet sur la temporalité des participants ; intéressons-nous à présent à son homologue traitant des résultats récoltés lors de la seconde partie de cette expérience, la variable étant cette fois-ci une vidéo intéressante. Le temps est perçu de manière différente, des personnes ont jugé sa valeur inférieur à la durée de référence tandis que d'autres l'on considéré supérieur mais le résultat *5 minutes* est toujours la durée la plus éprouvée. J'imagine que ce cas particulier s'explique encore de la même façon et il ne me paraît pas utile de m'y attarder. La différence qui m'importe le plus est justement la répartition des réponses, car cette deuxième partie de l'expérience a abouti à la récolte de résultats qui s'approchent plus d'une répartition normale. Il est alors légitime de se demander la cause de cette différence, les parties A et B ont été effectuées avec le même nombre de participants mais il semblerait qu'une tendance ne soit observable qu'à la partie B, comme si l'on avait répété l'expérience avec un nombre important de personnes. Une explication à cela serait une différence d'homogénéité entre les groupes mais je n'ai aucun moyen d'y répondre sans équivoque, je n'ai tout au plus pas observé de particularité notable dans la composition des groupes lors de la phase pratique.

Dans le cas où les sujets ne sont pas la cause principale de cette dissemblance, les variables que sont les vidéos ont probablement eu une influence. Mon hypothèse est que cette vidéo, subjectivement jugée intéressante lors de la préparation du protocole, ne l'est peut-être pas pour tous les participants. Certains partagent probablement mon avis mais d'autres ont sans doute une appréciation différente des discours loufoques de Sylvain Durif ; il est vraisemblable qu'il ne soient cocasses que pour les individus appréciant l'humour absurde. J'imagine que dans le cas contraire, toute cette vidéo doit être bien ennuyeuse car elle ne présente rien qui soit digne d'éveiller un intérêt intellectuel ou artistique. L'ennui induit par la première vidéo ne serait quant à lui pas controversé, en tout cas il ne varie que du côté allant vers l'ennui. Je dois cependant admettre que cette analyse repose sur des bases conjecturales, qui méritent d'être l'objet d'un complément à cette expérience<sup>5</sup>.

TABLE 2.3 – Répartition des résultats et écart type

Selon les résultats [min]	A	B
Temps perçu minimum	5,0	2,5
Temps perçu maximum	10,0	12,0
Moyenne	7,2	6,0
Médiane	7,3	5,3
Écart type	2,0	2,6

Après avoir testé l'intérêt des vidéos, l'on remarque effectivement que la première est totalement ennuyeuse alors que la seconde est plus sujette à controverse. Elle a été considérée en majorité « *intéressante* » mais les avis sont contrastés. Cela s'observe en particulier sur l'intervalle des réponses, les résultats de la première partie sont tous

5. cf. *expérience complémentaire* page 21

concentrés dans une fourchette de 5 minutes alors que ceux de la deuxième les sont sur dix minutes. La partie A semble donc plus précise que la B dans le sens où les réponses sont plus homogènes. Cette différence est formalisée lorsque l'on calcule les écarts types ; il vaut 2 minutes pour la première moitié de l'expérience et 2 minutes 30 pour la seconde. C'est une différence qui représente tout de même un quart du premier écart type mais j'imagine qu'il est dû à la difficulté de déterminer un consensus qui définirait une vidéo parfaitement intéressante. Si l'on considère en effet que la vidéo B n'a eu l'effet escompté que sur une partie du groupe, les résultats largement supérieurs à la durée réelle de la vidéo seraient dûs à une perception ennuyeuse de la vidéo B. Je concède bien volontier que ce raisonnement revient à affirmer que les résultats qui ne me plaisent pas sont le fruit d'un mauvais choix de vidéo. Cela me laisse ainsi la possibilité de ne pas prendre en compte des résultats de façon arbitraire mais c'est la seule explication qui me paraisse plausible. Nous avons tout de même démontré que les deux vidéos sont d'un intérêt assez différent pour pouvoir affirmer que la seconde est plus intéressante. Tout l'enjeux de cette analyse repose finalement sur l'interprétation des causes qui ont influencé les réponses des sujets. Ainsi, je considère qu'il fort probable qu'il soit possible de rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les vidéos ne provoquent aucune modification dans la perception temporelle des participants.

### 2.1.5 Expérience complémentaire

Cette expérience a pour but de tester l'intérêt suscité par les vidéos de l'expérience précédente.

### 2.1.6 Définition du protocole

**Un quinzaine de sujets** Ce nombre est environ égal au nombre de participants de chacune des parties de l'expérience précédente. Il faut en effet disposer d'assez de participants pour être à même de fournir des résultats valables et auxquels il est possible de se fier pour critiquer le choix des vidéos. Il est certain qu'un nombre plus élevé de personnes est bénéfique et permet d'augmenter la précision des résultats mais cela ne serait que peu avantageux dans le cas présent car l'on cherche simplement à définir le niveau d'intérêt de chacune des vidéos, pas sa valeur exacte. L'analyse des résultats ne requiert pas une grande puissance statistique car ils sont recueillis selon un échelle n'ayant que peu de réponses possibles et donc une faible incertitude.

**Une salle** De la même manière que pour la première partie de l'expérience, il faut qu'elle soit assez grande pour que tous les participants puissent effectuer l'expérience en même temps afin d'éviter d'éventuels biais dûs à une variation accidentelle dans le déroulement du test. Elle doit en outre disposer d'un vidéoprojecteur.

**Deux films** Ce sont les mêmes films A (supposément ennuyeux) et B (supposément intéressant) qui sont projetés et seule une version abrégée de deux minutes est présentée par commodité.

**Un questionnaire** Il est construit sur une échelle de Likert. Ce choix permet de restreindre les réponses à cinq possibilités et permet de définir le degré d'intérêt de manière fiable car les options sont clairement définies. Les vidéos peuvent être jugées selon les modalités suivantes : *totalement ennuyeuse, ennuyeuse, ni ennuyeuse ni intéressante, intéressante ou totalement intéressante*.

#### Méthode

1. Constituer le groupe des participants.
2. Mettre en marche l'ordinateur ainsi que le vidéoprojecteur. Créer une liste de lecture avec la vidéo A en première position.
3. Inviter les sujets à prendre place dans la salle et lancer la playlist.
4. Distribuer le questionnaire aux participants lorsque les deux vidéos sont terminées

### 2.1.7 Résultats

TABLE 2.4 – Compte des réponses

La vidéo est jugée	A	B
Totalement ennuyeuse	9	0
Ennuyeuse	6	2
Ni ennuyeuse ni intéressante	0	3
Intéressante	0	7
Totalement intéressante	0	3

### 2.1.8 Analyse

**R** Les réponses données lors de ce test ne servent pas à indiquer des intervalles d'appréciation, la différence d'intérêt entre deux réponses n'étant pas identique, c'est pourquoi il est préférable de l'analyser en se concentrant sur les modalités ayant remporté le plus de réponses puis d'associer un certain nombre de points à chaque choix.

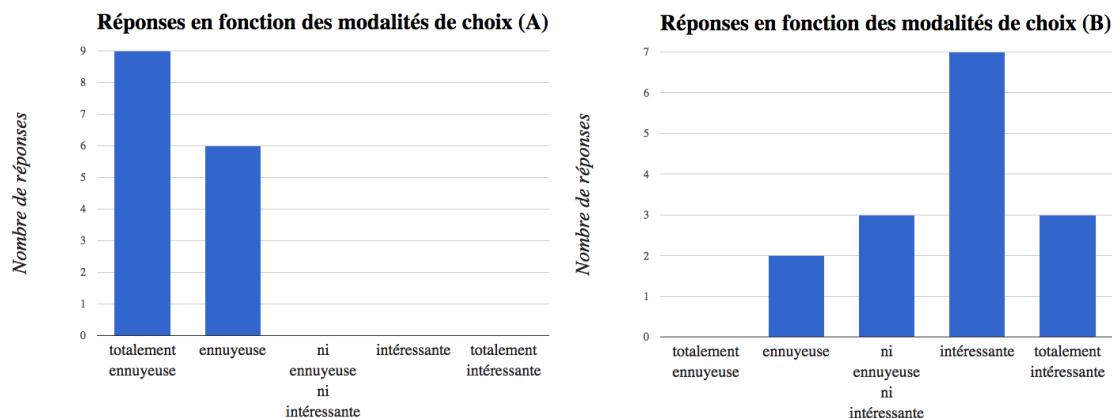


FIGURE 2.2 – Histogrammes représentant la répartition des réponses en fonction des modalités de choix lors de l'expérience complémentaire.

L'on remarque que les résultats concernant la vidéo A se situent en totalité dans la zone à caractère ennuyeux de l'échelle, notamment sur le choix *totalement ennuyeuse*. Ce résultat sans équivoque conforte la conjecture selon laquelle cette vidéo ne suscite que peu intérêt. Les résultats de la vidéo B sont quant à eux plus passionnants car ils sont plus variés. Bien que la majorité des participants aient jugé cette vidéo *intéressante*, un partie d'entre eux l'a jugée neutre ou même ennuyeuse. L'assertion émise à son propos lors de l'expérience précédente est ainsi controversée. Il semble en conséquence qu'il est plus aisé de trouver des caractéristiques jugées ennuyeuses par un groupe plutôt que des propriétés dont l'intérêt est partagé.

TABLE 2.5 – Score des modalités de réponses

Points d'intérêt selon que la vidéo est jugée	A	B
Totalement ennuyeuse [0 pt./rép.]	0	-
Ennuyeuse [1 pt./rép.]	6	2
Ni ennuyeuse ni intéressante [2 pt./rép.]	-	6
Intéressante [3 pt./rép.]	-	21
Totalement intéressante [4 pt./rép.]	-	12
Total sur 60 points	6	41
Pourcentage d'intérêt [%]	<b>10</b>	<b>68</b>

Pour formaliser ces observations, l'on remarque qu'il y a effectivement une différence entre les deux vidéos lorsque des points sont attribuées à chaque réponses, malgré une marge d'erreur inéluctable.

## 2.2 Seconde expérience

Jusqu'à ce point, je ne me suis penché que sur le facteur émotionnel pour influencer le temps perçu par les volontaires ayant participé à mon expérience, leur travail étant d'estimer une durée imposée. Cette expérience est, au contraire, élaborée avec l'objectif d'être opposée à la première : au lieu d'avoir à définir une durée, il faut la produire et la variable étudiée n'est pas de nature psychologique mais somatique.

### 2.2.1 Expérience préparatoire

L'étude précédente ayant été pleine d'enseignements, en particulier sur les démarches utiles à l'élaboration d'un protocole, j'ai jugé utile de tester ma seconde expérience sur un groupe réduit, dans l'intention de déterminer les problèmes liés à son déroulement et de déceler les biais imprévus. Cela est d'autant plus important à cause du fait que le recueil et l'analyse de jugements temporels prospectifs est sans doute très différent de ce que j'ai effectué avec les jugements rétrospectifs de l'expérience précédente. Par dessus tout, j'aimerais que la simplicité soit le maître-mot de la procédure. Peu importe la sophistication de sa préparation, j'aimerais que cette expérience soit facile et rapide à effectuer.

Il est demandé à cet effet à des volontaires de se relaxer puis de faire de la corde à sauter. Après chacune de ces activités, ils doivent compter une durée qu'ils pensent être égale à celle demandée, l'objectif étant de déterminer si une activité physique modifie momentanément la perception temporelle par la comparaison des deux durées.

### 2.2.2 Définition du protocole

#### Préparation

Cette expérience ne requiert que peu de matériel pour sa réalisation.

**Une quinzaine de participants** Puisque l'essai utilise les sujets comme leur propre témoin, l'expérience nécessite moins de personnes que s'ils étaient comparés à un groupe différent. L'expérience se déroule par petits groupes, selon la place disponible.

**Une salle** Elle doit être pourvue d'un espace libre pour y effectuer une activité physique et ne doit fournir aucune indication temporelle ; les horloges sont démontées, l'ordinateur de la classe et le projecteur sont éteints. Elle doit être assez grande pour la diviser en deux zones : une partie où l'on attend puis où l'on fait du sport et une autre où le sens du temps est testé. Cela évite qu'une personne en train de compter ne fournit une durée de référence aux autres participants et qu'elle ne soit elle-même perturbée par leur activité.

**Des cordes à sauter** Elles sont le moyen le plus simple de faire effectuer des exercices aux volontaires, c'est un outil qui permet de produire un effort cardiovasculaire de façon efficace lorsque l'on dispose de peu d'espace pour faire du sport.

**Un ordinateur** Dans le but d'atteindre la meilleure précision, les participants sont chargés de chronométrier eux-mêmes le temps qu'il leur est demandé de produire. Il est par conséquent indispensable que l'outil utilisé n'affiche pas le temps compté. Une solution à ce problème est de placer un bout de scotch sur l'écran d'un chronomètre et de l'enlever lorsque l'on souhaite reporter le résultat dans un tableau. Cette astuce n'est cependant pas pratique car il faut à chaque fois replacer

le masque, le scotch laisse des résidus de colle sur l'instrument et les relevés manuels des performances induisent un risque d'erreur lors de la copie. Pour éviter ces désagréments et être plus efficace lors de l'expérience, j'ai jugé utile d'utiliser une application pour chronométrier les participants. J'ai ainsi profité d'un forum sur lequel il est possible de demander à des développeurs de programmer des logiciels selon des besoins spécifiques. Compte tenu de mon manque total de connaissance en programmation, un bienfaiteur anonyme répondant au nom de NoG5<sup>6</sup> m'a offert un outil très efficace en implémentant l'interface que je lui ai proposée. Ce logiciel permet d'enregistrer les résultats ainsi que les noms des participants dans un format qu'il est aisément de porter dans un tableur (voir page 36).

### Méthode

1. Ménager un espace libre dans la salle en poussant certaines tables dans un coin.
2. Installer l'ordinateur à l'opposé de cet espace et ouvrir le chronomètre.
3. Rechercher un premier groupe de personnes environ égal au nombre de cordes à sauter dont on dispose.
4. Leur demander de s'asseoir jusqu'à ce qu'ils se sentent relaxés.
5. Demander aux participants d'aller tour à tour s'asseoir devant l'ordinateur, d'entrer leur nom suivi de la mention « relaxé » et de compter pendant 10 secondes en appuyant sur le bouton *Start* lorsqu'ils commencent puis sur *Stop* lorsqu'ils ont fini.
6. Distribuer une corde à sauter à chaque personne ayant terminé le premier test et leur demander de sauter de manière à produire un effort important.
7. Quand le premier participant à avoir reçu sa corde commence à se fatiguer, lui demander de répéter l'expérience en mentionnant « échauffé » après son nom. Les autres suivent dans le même ordre qu'auparavant.
8. Ouvrir le fichier contenant les résultats et les insérer dans un tableur.
9. Recommencer l'expérience avec un nouveau groupe.

#### 2.2.3 Résultats

TABLE 2.6 – Résultats de l'expérience préparatoire

Nom	Temps 1 [s]	Temps 2 [s]	$\Delta$ temps [s]
Ahmed	8,62	9,39	0,77
Aliénor	10,45	10,86	0,42
Barbara	9,59	10,40	0,81
Imad	8,80	9,86	1,06
Laura	11,86	13,02	1,16
Sajinth	12,48	13,41	0,93
Sarra	11,05	12,70	1,65

6. <https://www.reddit.com/user/NoG5> sur le forum dédié aux requêtes relatives à la programmation <https://www.reddit.com/r/programmingrequests/>

## 2.2.4 Analyse

TABLE 2.7 – Analyse des résultats de l’expérience préparatoire

<b>En fonction de la différence de temps secondes [s]</b>	
Valeur maximale	1,65
Valeur minimale	0,42
Différence moyenne	0,97
Différence médiane	0,93

### Analyse critique

Cette expérience à petite échelle a été réalisée dans le but de mettre à l’épreuve le protocole précédemment défini, j’ai ainsi observé différents paramètres qui nécessitent d’être modifiés pour conduire au mieux l’expérience réelle.

En premier lieu, il faut prendre garde au nombre de personnes qui participent en même temps à l’expérience. Il est très important ne faire participer que de petits groupes pour éviter qu’ils ne fassent la queue trop longtemps avant de pouvoir chronométrier leur premier temps, la suite de l’expérience n’en est d’ailleurs que facilitée car les sujets ont plus de place pour s’échauffer avec leur corde à sauter. Ils profitent aussi de ce faible effectif au moment de chronométrier leur temps pour la deuxième fois puisqu’ils ne doivent pas attendre.

Un autre aspect important est qu’il faut s’assurer que les participants soient confortables avec l’idée de faire de la corde à sauter. Certaines personnes préfèrent peut-être monter des escaliers durant un moment ou effectuer une quelconque activité physique à la place. Il donc crucial de les laisser s’échauffer comme elles le souhaitent pour les pousser à le faire de la manière la plus efficace. Il s’agit de veiller à ce que les sujets soient effectivement échauffés pour procéder à l’expérience puisqu’il s’agit du facteur étudié.

### Analyse des résultats

Il est indispensable de relever le temps deux fois de suite pour produire de meilleurs résultats. La différence entre les temps produits lors des parties normales et échauffées étant environ égale à la seconde, les imprécisions inhérentes à la production de durées peuvent fausser les résultats. Pour réduire ce biais, il me paraît important de doubler les résultats pour effectuer une moyenne. Cela permet aussi de déterminer la précision propre à chaque individu et offre une piste pour déterminer la source d’un écart entre les deux phases de l’expérience. D’après cet échantillon de personnes, les extrêmes sont effectivement très proches. À peine moins d’une seconde et demi les sépare. Cela signifie que les résultats qui seront obtenus à l’expérience 2 seront aussi probablement serrés. D’ailleurs, la moyenne et la médiane sont presque identiques, ce qui me laisse penser que les réponses sont réparties équitablement et qu’ils ne sont peut être pas biaisés. Ce n’est cependant pas utile de s’attarder sur l’analyse de cette préparation, les détails seront observés avec plus de participants.

### 2.2.5 Expérience 2

L'hypothèse mise à l'épreuve est toujours la même : est-ce qu'une activité physique, qui échauffe mais n'épuise pas, modifie la façon dont nous appréhendons le temps.

Je n'ai pas effectué de recherches à ce propos, pour éviter d'influencer cette expérience. Je trouve en effet que la démarche suivie lors de l'expérience précédente n'est pas très intéressante à développer ; lorsque j'ai appris que les émotions influencent la perception du temps, mon travail expérimental ne s'est limité qu'à démontrer une théorie. J'aimerais effectuer le cheminement inverse : il me plairait beaucoup d'analyser mon expérience avec un œil nouveau pour déterminer si l'exercice physique influence la perception du temps, en tout cas dans cette situation.

### 2.2.6 Redéfinition du protocole

- R** Le protocole est presque identique au précédent (cf. page 23). Pour éviter une redondance qui n'apporterait aucune valeur supplémentaire à la préparation, les points ne sont pas développés

#### Préparation

- Une quinzaine de participants
- Une salle
- Des cordes à sauter
- Un ordinateur servant de chronomètre

#### Méthode

1. Ménager un espace libre dans la salle en poussant certaines tables dans un coin.
2. Installer l'ordinateur à l'opposé de cet espace et ouvrir le chronomètre.
3. Rechercher un premier groupe de personnes environ égal au nombre de cordes à sauter dont on dispose et s'assurer que les personnes ne sont pas trop nombreuses pour l'espace disponible.
4. Leur demander de s'asseoir jusqu'à ce qu'ils se sentent relaxés.
5. Demander aux participants d'aller tour à tour s'asseoir devant l'ordinateur, d'entrer leur nom suivi de la mention « relaxé » et de compter pendant 10 secondes en appuyant sur le bouton *Start* lorsqu'ils commencent puis sur *Stop* lorsqu'ils ont fini.
6. Répéter le point précédent une fois.
7. Distribuer une corde à sauter à chaque personne ayant terminé le premier test et leur demander de sauter de manière à produire un effort important. S'ils ne veulent ou peuvent pas sauter, leur proposer d'autres exercices tels qu'une course.
8. S'assurer que les sujets s'échauffent réellement.
9. Quand le premier participant à avoir reçu sa corde commence à se fatiguer, lui demander de répéter l'expérience deux fois en mentionnant « échauffé » après son nom
10. Essayer de faire suivre les autres suivent dans le même ordre qu'auparavant pour éviter qu'une personne ne soit bloquée à la corde à sauter.
11. Ouvrir le fichier contenant les résultats et les insérer dans un tableau.
12. Recommencer l'expérience avec un nouveau groupe.

### 2.2.7 Résultats

TABLE 2.8 – Résultats de l’expérience 2 (les résultats entre parenthèse correspondent aux valeurs utilisées pour le calcul des moyennes, ils sont présentés dans l’ordre où ils ont été récoltés)

Nom	Temps moyen 1 [s]	Temps moyen 2 [s]	$\Delta T_{moyen}$ [s]
Alice	9,42 (8,61 & 10,23)	10,90 (10,56 & 11,24)	1,48
Aurélien	9,69 (10,11 & 9,27)	11,33 (11,78 & 10,88)	1,64
Célia	10,42 (10,79 & 10,06)	10,65 (10,08 & 11,22)	0,23
Damien	7,69 (7,28 & 8,10)	8,69 (9,13 & 8,24)	1,00
Eloi	9,73 (10,37 & 9,08)	11,46 (12,86 & 10,07)	1,74
Henry	8,90 (9,03 & 8,78)	9,03 (8,73 & 9,33)	0,13
Jeanne	9,57 (9,74 & 9,40)	10,48 (10,52 & 10,44)	0,91
Khaled	7,85 (7,83 & 7,87)	7,54 (7,65 & 7,44)	-0,30
Léana	9,50 (9,41 & 9,59)	8,90 (9,34 & 8,45)	-0,61
Loïs	9,61 (9,82 & 9,41)	8,42 (8,51 & 8,32)	-1,20
Louis	10,91 (9,17 & 12,66)	17,36 (18,93 & 15,79)	6,44
Autre Louis	11,19 (10,50 & 11,89)	10,72 (12,09 & 9,36)	-0,47
Minh-Tam	10,05 (10,30 & 9,81)	10,01 (9,17 & 10,85)	-0,04
Nils	10,54 (11,03 & 10,05)	10,28 (10,35 & 10,35)	-0,26

### 2.2.8 Analyse

#### Analyse critique

Une fois de plus, j’ai choisi de critiquer l’expérience avant même de me pencher sur les résultats car il me semble important de considérer l’analyse des chiffres en étant conscient du contexte dans lequel ils ont été créés.

Cet essai a été pensé pour être effectuée de la manière la plus simple qui soit et j’ai essayé de faire en sorte qu’il ne dépende pas de plusieurs facteurs pour produire des résultats. Cela s’est révélé bénéfique puisqu’il n’y a que peu de biais qui me viennent à l’esprit. Cela ne signifie évidemment pas qu’il est impossible que cette expérience ne soit biaisée, d’autant plus si je me convainc qu’elle ne l’est pas en même temps que je dois la juger ; je risque ainsi de ne pas être objectif dans cette démarche mais ce ne saurait être une attitude délibérée.

Le problème principal de cette expérience est qu’il est parfois difficile de motiver des participants à faire de la corde à sauter de manière intense, pour faire en sorte qu’ils soient réellement échauffés il faut souvent les encourager. Cela est évidemment totalement compréhensible car j’imagine volontier qu’il est embêtant d’avoir à payer de sa personne pour effectuer une expérience de TM qui ne rapporte rien en échange. Cela est cependant plus problématique lorsqu’il faut déterminer les conséquences de l’activité physique sur les résultats car nous ne sommes alors pas capables de quantifier correctement le niveau de l’activité sportive effectuée.

### Analyse des résultats

Essayons dans un premier temps de nous faire une idée générale de la répartition des résultats en établissant un graphique qui les compare entre eux.

#### Différence du temps produit par rapport à la durée réelle

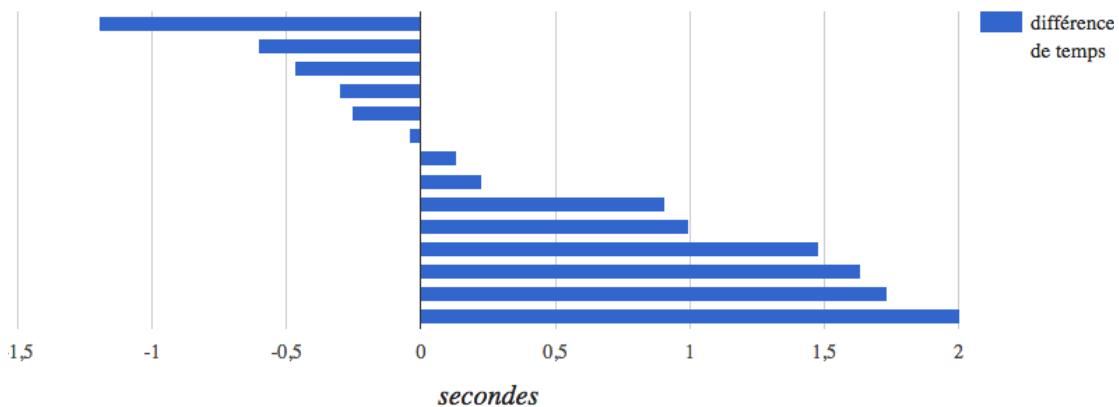


FIGURE 2.3 – Répartition des résultats en comparant la différence moyenne du temps produit avec le temps visé. La dernière barre du bas est coupée car elle s'étend jusqu'à 6,5 secondes. Elle n'est donc pas incluse pour permettre une meilleure lecture des barres de moindre importance.

Ce graphique est intéressant sous plusieurs aspects. Bien que les résultats soient répartis de chaque côté de la valeur de référence, l'on remarque tout de même que l'écart positif est plus important que son pendant négatif. La distribution n'est en effet pas homogène, l'on constate qu'environ 43 % des temps perçus sont négatifs. Les 57 % restants sont alors positifs, cela ne semble pas très important comme différence mais tous les écarts ne valent pas la même duré.

TABLE 2.9 – Répartition des résultats de l'expérience 2 (en prenant compte les valeurs aberrantes)

En fonction de $\Delta t_{moy}$	Avec Louis [s]	Sans Louis [s]
Valeur maximale	6,44	1,74
Valeur minimale	-1,20	-1,20
Médiane ensemble négatif	-0,39	-0,39
Médiane ensemble positif	1,24	1,00
Médiane	0,18	0,13
Écart type	1,87	0,94

Pour structurer cela, comparons les valeurs médianes des ensembles positifs et négatifs. Puisqu'elles sont plus robustes face aux résultats extrêmes, elles nous procurent des informations utiles dans cette comparaison. La valeur médiane de l'ensemble négatif est égale à -0,39 secondes. Elle est effectivement plus petite que la valeur médiane positive qui vaut 1 ou 1,24 selon que l'on compte le résultat de Louis. Une majorité de réponses sont positives et elle sont plus éloignée de la valeur de référence que celles

qui sont négatives. Le temps perçu après avoir effectué une activité sportive semble ainsi passer légèrement plus lentement puisque les sujets comptent jusqu'à dix en plus de temps qu'il n'en faut.

Alors, pourquoi observe-t-on une tendance à compter plus lentement après avoir fait du sport ? Je trouve ce résultat paradoxal car j'estimais que l'accélération du rythme cardio-vasculaire aurait une sorte d'impact sur notre relation avec le temps. Je pensais que nos rythmes internes seraient aussi accélérés et que cela aurait pour conséquence une production temporelle accélérée. Cette situation me rend perplexe car je me demande quelles peuvent être les causes de ce ralentissement.

Peut-être est-ce dû au fait que les participants sont influencés par une autre variable que l'échauffement. J'imagine que certains ont probablement considéré que, puisqu'ils s'étaient échauffés, ils étaient entré dans un état plus *actif* qu'auparavant. Cela s'opposerait alors à leur état initial alors considéré *inactif*. Ce phénomène psychologique aurait pour conséquence de créer artificiellement une différence entre les deux parties de l'expérience. Si l'on se place en tant que sujet, à qui il est demandé de produire un temps dans deux situations différentes, il est concevable de présumer une différence entre les deux pour légitimer sa participation. Les participants se sont peut-être orientés en tenant compte de ces deux aspects. En imaginant que l'expérience doit avoir une influence (à quoi bon tester)

Le fait de répéter l'expérience la fait passer plus lentement. → comparer l'écart entre chaque répétition.

Peut-être à cause du changement de rythme → agité, échauffé → de nouveau calme

### 2.3 Réponse à la problématique

## 2.4 Conclusion



## A. Annexes

### Expérience 1 Sudoku

### Sudoku

2		5			7			6
4			9	6			2	
				8			4	5
9	8			7	4			
5	7		8		2		6	9
			6	3			5	7
7	5			2				
	6			5	1			2
3			4			5		8

Pour résoudre le sudoku, il faut remplir la grille avec une série de chiffres tous différents, qui ne se trouvent jamais plus d'une fois sur une même ligne, dans une même colonne ou dans une même sous-grille.

FIGURE A.1 – Sudoku distribué lors de l'expérience 1

**Questionnaires**

Nom :

## **Questionnaire A**

1. Êtiez-vous concentré sur la vidéo ? (oui/non/autre)

---

2. Avez-vous remarqué un détail particulier sur l'une des voies ? (oui/non)

---

- a. Si oui, lequel ?

---

3. Selon vous, quelle a été la durée de l'expérience ? (minutes)

---

4. Avez-vous terminé votre sudoku ? (oui/non)

---

**FIGURE A.2 – Questionnaire distribué lors de la première partie de l'expérience 1**

Nom :

## **Questionnaire B**

1. Êtiez-vous concentré sur la vidéo ? (oui/non/autre)

---

2. Avez-vous remarqué un détail particulier dans le champ au début de la vidéo ?  
(oui/non)

---

- a. Si oui, lequel ?

---

3. Selon vous, quelle a été la durée de l'expérience ? (minutes)

---

4. Avez-vous terminé votre sudoku ? (oui/non)

---

**FIGURE A.3 – Questionnaire distribué lors de la seconde partie de l'expérience 1**

## Intérêt des vidéos

Veuillez cocher l'une des affirmations suivantes

**La première vidéo est :**

- totalement ennuyeuse
- ennuyeuse
- ni ennuyeuse ni intéressante
- intéressante
- totalement intéressante

**La seconde vidéo est :**

- totalement ennuyeuse
- ennuyeuse
- ni ennuyeuse ni intéressante
- intéressante
- totalement intéressante

## Intérêt des vidéos

Veuillez cocher l'une des affirmations suivantes

**La première vidéo est :**

- totalement ennuyeuse
- ennuyeuse
- ni ennuyeuse ni intéressante
- intéressante
- totalement intéressante

**La seconde vidéo est :**

- totalement ennuyeuse
- ennuyeuse
- ni ennuyeuse ni intéressante
- intéressante
- totalement intéressante

## Intérêt des vidéos

Veuillez cocher l'une des affirmations suivantes

**La première vidéo est :**

- totalement ennuyeuse
- ennuyeuse
- ni ennuyeuse ni intéressante
- intéressante
- totalement intéressante

**La seconde vidéo est :**

- totalement ennuyeuse
- ennuyeuse
- ni ennuyeuse ni intéressante
- intéressante
- totalement intéressante

FIGURE A.4 – Questionnaire distribué lors de l'expérience complémentaire

## Expérience 2

### Chronomètre

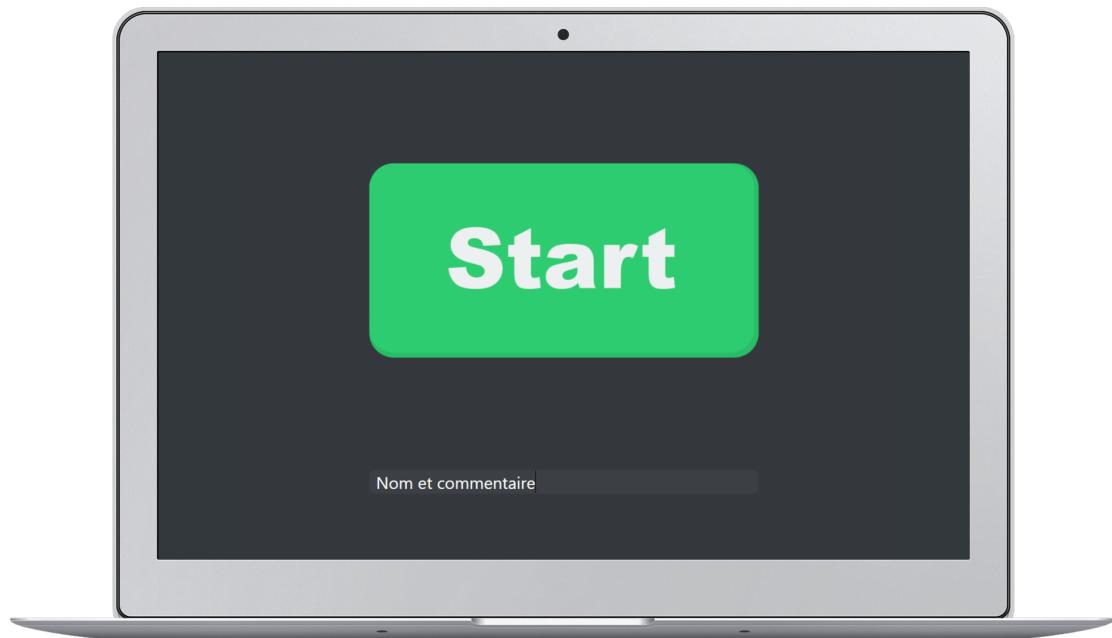
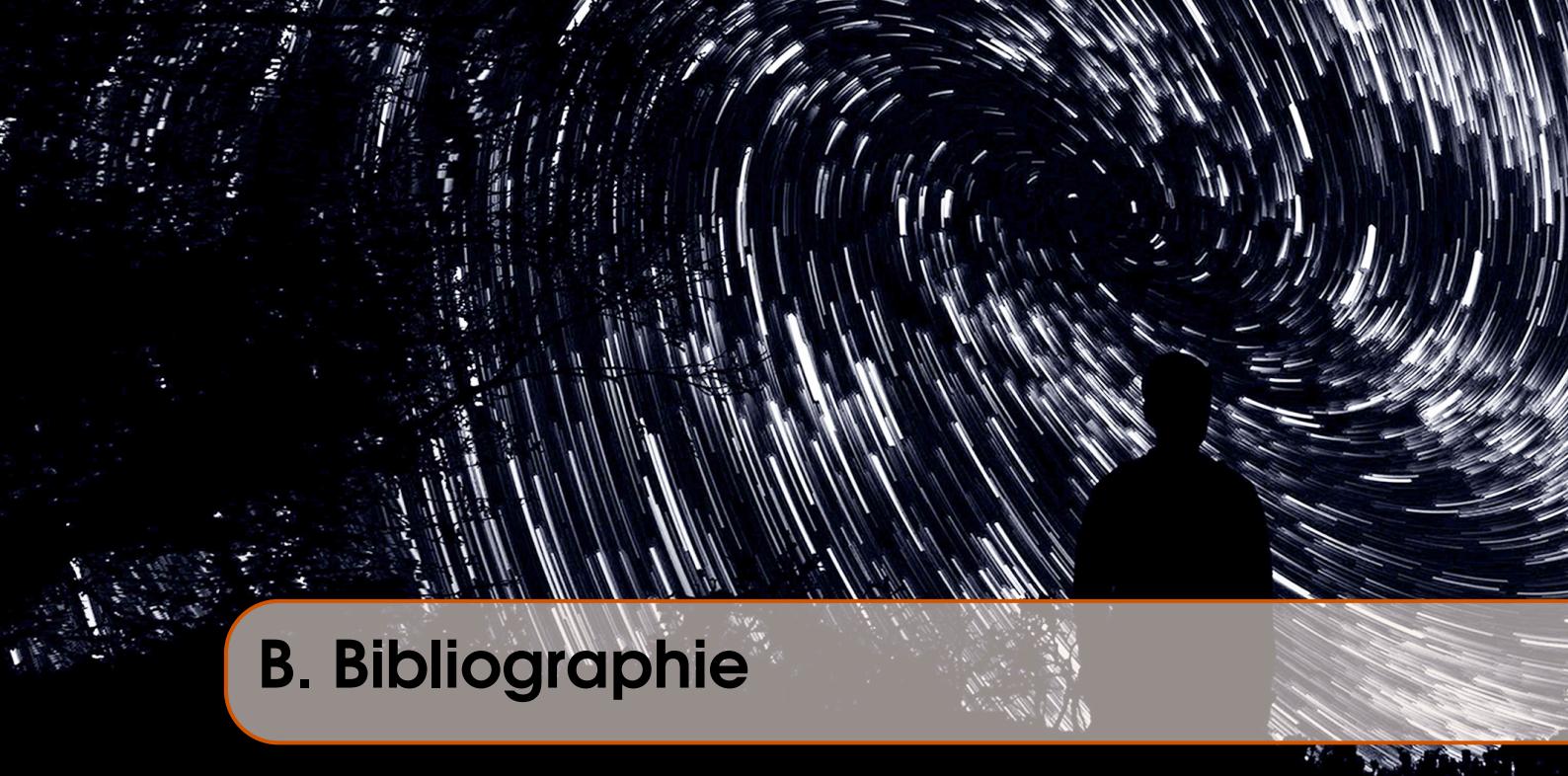


FIGURE A.5 – Interface du chronomètre utilisé lors de l'expérience 2

Le logiciel en question est disponible aux adresses suivantes :

- <http://nog5.com/files/request20.v2.exe> (serveur de l'auteur)
- <https://github.com/Temporalite/TM/tree/master/exp%C3%A9rience/2/Timer.exe> (page GitHub du projet)



## B. Bibliographie

Références non présentes dans le texte mais qu'il faudra bien placer un jour : [30] [31] [10] [11] [12] [13] [14] [18]

**R** Les images et autres ressources issues d'internet utilisées dans ce travail ne sont, sauf indication contraire, pas restreintes d'usage pour une utilisation non commerciale. PARLER PLUTOT DU DROIT DE CITATION !!!

### Livres

- [18] Jean de LAGARDE. *Initiation à l'analyse des données*. Dunod, 1995. 163 pages.  
ISBN : 2100026100 (cf. page 37).

### Articles

- [2] Catalin V. BUHUSI et Warren H. MECK. « What makes us tick ? Functional and neural mechanisms of interval timing ». In : *Nature Reviews Neuroscience* 6.10 (oct. 2005), pages 755–765 (cf. page 11).
- [3] Alain CHAUBERT et coll. « Neurosciences et pédagogie : vers un partenariat ». In : *Prismes* 12 (mai 2010), page 4 (cf. page 9).
- [4] Sylvie DROIT-VOLET. « Perception du temps et illusions temporelles ». In : *Cerveau & Psycho* 32 (mar. 2009), pages 40–45 (cf. pages 9, 12).
- [5] Sylvie DROIT-VOLET. « Time perception, emotions and mood disorders ». In : *Journal of Physiology-Paris* 107.4 (sept. 2013), pages 255–264 (cf. pages 11, 16).
- [6] Jacques DURAND. « Rhétorique du nombre ». In : *Communications* 16.1 (1970), pages 125–132 (cf. page 18).
- [7] Michael GAZZANIGA. « Neurosciences au palais de justice ». In : *Cerveau & Psycho* 47 (oct. 2011). consulté en ligne le 3 mai 2016 (cf. page 9).

- [8] John GIBBON, Russel M. CHURCH et Warren H. MECK. « Scalar Timing in Memory ». In : *Annals of the New York Academy of Sciences* 423.1 (fév. 1984), pages 52–77 (cf. page 10).
- [9] Sandrine GIL et Sylvie DROIT-VOLET. « Le sens du temps sous l'empire des émotions ». In : *Cerveau & Psycho* 32 (mar. 2009), pages 45–47 (cf. pages 11, 16).
- [17] Pierre JASSELETTE, Helga LEJEUNE et John. H. WEARDEN. « The perching response and the laws of animal timing. » In : *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes* 16.2 (avr. 1990), pages 150–161 (cf. page 10).
- [20] Viviane POUTHAS. « Les bases neuronales de la perception du temps ». In : *Cerveau & Psycho* 32 (mar. 2009), pages 48–53 (cf. pages 9, 12).
- [21] Sylvie TORDJMAN. « Représentations et perception du temps ». In : *L'Encéphale* 41 (fév. 2015), pages 1–14 (cf. page 9).
- [22] John. H. WEARDEN et Bairbre MCSHANE. « Interval production as an analogue of the peak procedure : Evidence for similarity of human and animal timing processes ». In : *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B* 40.4 (oct. 1988), pages 363–375 (cf. page 10).

## Non publié

- [1] Jacques ANDRÉ. « Petites leçons de typographie ». Autopublication. Révisé en 2014. 1990. URL : <http://jacques-andre.fr/faqtypo/lessons.pdf> (cf. page 7).
- [19] Viviane POUTHAS. « Mécanismes psychologiques et neuronaux impliqués dans la perception du temps ». Présentation Powerpoint. image du slide 13. 2003. URL : <ftp://ftp.cea.fr/pub/dsv/madic/concarneau03/intervenants/VivianePouthas/Pouthas1.ppt> (cf. page 11).

## Ressources en ligne

- [10] IMAGE. *Entête 1*. URL : [http://fr.freepik.com/photos-libre/sablier\\_345891.htm](http://fr.freepik.com/photos-libre/sablier_345891.htm) (visité le 29/06/2016) (cf. page 37).
- [11] IMAGE. *Entête 2*. URL : <https://stocksnap.io/photo/UE1U5BX3XL> (visité le 29/06/2016) (cf. page 37).
- [12] IMAGE. *Entête 3*. URL : <https://pixabay.com/fr/cadran-solaire-horloge-montres-167747/> (visité le 03/10/2016) (cf. page 37).
- [13] IMAGE. *Entête 4*. URL : <https://pixabay.com/fr/horloge-horlogerie-point-de-vue-918824/> (visité le 03/10/2016) (cf. page 37).
- [14] IMAGE. *Entête 5*. URL : [https://unsplash.com/@jeremy\\_thomas?photo=rMmibFe4czY](https://unsplash.com/@jeremy_thomas?photo=rMmibFe4czY) (visité le 03/10/2016) (cf. page 37).
- [15] IMAGE. *Fond de la couverture*. URL : <https://static.pexels.com/photos/4090/time-train-station-clock-deadline.jpg> (visité le 29/06/2016) (cf. page 2).

- [16] IMAGES. *Infographie*. Images : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Human.svg> <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/> [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/EyeWires\\_complete\\_J\\_Cell\\_2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/EyeWires_complete_J_Cell_2.jpg) [Lobes\\_of\\_the\\_brain\\_NL.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Neuron-no-labels.png) <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Neuron-no-labels.png> <http://www.pd4pic.com/images/head-water-chemical-diagram-simple-cell-shower.png>). URL : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Neurosciences#Organisation\\_du\\_champ\\_des\\_neurosciences](https://fr.wikipedia.org/wiki/Neurosciences#Organisation_du_champ_des_neurosciences) (visité le 12/08/2016) (cf. page 8).
- [23] WIKIPEDIA. *Fonctions exécutives*. URL : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fonctions\\_ex%C3%A9cutives](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fonctions_ex%C3%A9cutives) (cf. page 9).
- [24] WIKIPEDIA. *Loi de Weber-Fechner*. URL : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_de\\_Weber-Fechner](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Weber-Fechner) (visité le 10/09/2016) (cf. page 11).
- [25] WIKIPEDIA. *Neurosciences*. URL : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Neurosciences> (visité le 01/04/2016) (cf. page 8).
- [26] WIKIPEDIA. *Perception du temps*. URL : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Perception\\_du\\_temps](https://fr.wikipedia.org/wiki/Perception_du_temps) (visité le 12/08/2016) (cf. page 9).
- [27] WIKIPEDIA. *Réflexion de saint Augustin d'Hippone à propos du temps*. URL : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Augustin\\_d%27Hippone#Temps\\_et\\_commencement](https://fr.wikipedia.org/wiki/Augustin_d%27Hippone#Temps_et_commencement) (visité le 22/08/2016) (cf. page 9).
- [28] WIKIPEDIA. *Scalar expectancy*. URL : [https://en.wikipedia.org/wiki/Scalar\\_expectancy](https://en.wikipedia.org/wiki/Scalar_expectancy) (visité le 12/09/2016) (cf. pages 10, 11).
- [29] WIKIPEDIA. *Top-down and bottom-up design*. URL : [https://en.wikipedia.org/wiki/Top-down\\_and\\_bottom-up\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Top-down_and_bottom-up_design) (visité le 07/08/2016) (cf. page 9).
- [30] YOUTUBE. *Vidéo ennuyante*. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=vqJ0rN48zSU> (visité le 09/05/2016) (cf. page 37).
- [31] YOUTUBE. *Vidéo intéressante*. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=5CG-XIuRMjE> (visité le 09/05/2016) (cf. page 37).