
TRAVAUX DU LABORATOIRE DE PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE

(HAUTES ÉTUDES)

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES SUR LE CALCULATEUR JACQUES INAUDI

Par MM. A. BINET et H. HENNEGUY.

Nous résumons, avec les détails techniques nécessaires, les expériences que nous avons faites au laboratoire sur M. Inaudi, le calculateur mental bien connu. Nous avons vu pour la première fois M. Inaudi à la Salpêtrière, dans le service de M. Charcot, qui nous avait invité à l'examiner au point de vue psychologique. Nous l'avons ensuite étudié au laboratoire de la Sorbonne, où M. Inaudi est venu, ainsi que M. de Thorcay, son impresario, se mettre à notre disposition, pendant plusieurs après-midi, avec une grande amabilité.

Né à Onorato (Piémont), en 1867, d'une famille pauvre ¹, Jacques Inaudi commença à calculer vers six ans, en gardant des moutons; il ne comptait ni sur ses doigts ni avec des cailloux, mais opérait de tête sur les nombres dont son frère lui avait appris les noms. Il ne savait ni lire ni écrire, et n'a appris qu'à vingt ans. Après une vie accidentée en Provence il fut découvert par un impresario qui lui fit donner des représentations dans les grandes villes; il vint à Paris en 1880, fut examiné par Broca; dernièrement, il a été étudié par une commission de l'Académie des Sciences. Le rapport de la commission a été publié en juin 1892.

Vingt-quatre ans, petit, robuste, crâne plagiocéphale, grand front, angle facial presque droit, tel il se présente au moment où nous l'examinons.

I

Mémoire des chiffres.

Étendue de la mémoire des chiffres. — L'indication de quelques-uns des exercices qui sont habituels à M. Inaudi suffira pour donner une première idée de l'étendue véritablement extraordinaire que pré-

1. Point de calculateurs dans sa famille; point d'hérédité névropathique.

sente sa mémoire pour les chiffres et pour les nombres¹. Il fait simultanément et de mémoire les opérations suivantes : 1° une soustraction entre deux nombres de vingt et un chiffres; 2° une addition de cinq nombres de six chiffres chacun; 3° le carré d'un nombre de quatre chiffres; 4° la division de deux nombres de quatre chiffres; 5° la racine cubique d'un nombre de neuf chiffres; 6° la racine cinquième d'un nombre de douze chiffres.

Voici comment M. Inaudi fait ces opérations, quand il est en représentation. Des personnes de l'assistance disent les chiffres. M. Inaudi les répète à mesure, pour s'assurer qu'il est d'accord avec ces personnes, et l'impresario écrit sur de grands tableaux noirs les chiffres dits, sous la dictée de M. Inaudi. M. Inaudi ne se tourne pas une seule fois vers les tableaux noirs; il reçoit les chiffres et les nombres par l'audition, et, comme nous le verrons tout à l'heure, il se sert de la mémoire auditive. Pendant toute la durée des calculs, M. Inaudi reste bien en face de l'assistance, bras croisés. Quand la série de chiffres nécessaire à une des opérations est écrite à la craie sur le tableau noir, M. Inaudi se la fait répéter par son impresario, qui a soin de prononcer les chiffres lentement, en les articulant avec force. M. Inaudi répète ensuite ces chiffres. Quelquefois, il fait la répétition avant celle de l'impresario, qui se contente dans ce cas de rectifier ses erreurs. Puis, on passe à la seconde opération; dès que les chiffres en sont écrits, M. Inaudi les fait répéter, puis les répète lui-même comme les précédents. Ce travail est assez long, et M. Inaudi l'exécute avec autant de précision que possible, car il cherche avant tout à donner des résultats exacts. Quand la série des opérations a été ainsi, par ces répétitions successives, bien gravée dans son esprit, il commence son calcul mental. Pendant les calculs, il fait différents gestes, tics sans importance et du reste très variables; il chuchote des chiffres; il n'est point troublé par le bruit qu'on fait autour de lui, par les réclamations des assistants, etc.; il conserve son sang-froid, et il a même pris l'habitude, pour calmer l'impatience du public, d'émettre, pendant ses calculs, quelques réflexions piquantes; il lui arrive parfois de répondre, avec esprit, à une question, et nous l'avons vu, à la Salpêtrière, soutenir une conversation avec M. Charcot pendant qu'il résolvait de tête un problème compliqué; cette conversation ne l'embrouillait pas dans ses calculs, elle en a simplement prolongé la durée.

Pour trouver la solution de ces six calculs, M. Inaudi met un temps relativement très court, dix à douze minutes; au théâtre, il ne reste pas plus longtemps en scène; et dans ces dix minutes il faut comprendre non seulement le calcul mais la répétition des données des problèmes.

Pour conduire au résultat final de telles opérations, il faut que

1. Notre excellent ami M. F. Henneguy, chargé de cours au Collège de France, a bien voulu collaborer à nos expériences sur M. Inaudi, et nous sommes heureux qu'il ait signé avec nous la présente étude. (A. Binet.)

M. Inaudi ait une mémoire des chiffres extrêmement développée; car pendant ces dix minutes, il a été obligé d'apprendre et de retenir sans erreur tous les chiffres, écrits sur le tableau; il a dû en outre retenir les chiffres des résultats qu'il énonce, et enfin les chiffres des solutions partielles qu'il a dû nécessairement trouver afin d'arriver aux solutions définitives. Ces chiffres dépassent certainement le nombre de cent.

A la Salpêtrière, à la fin d'une séance qui avait duré environ deux heures, et où on lui avait posé différents problèmes, on lui fit répéter tous les chiffres; il le fit sans erreurs; le nombre total était de 230. Nous avons pu vérifier l'exactitude parfaite de la répétition, car les chiffres avaient été conservés par écrit. On rapporte que dans une représentation donnée à la Sorbonne devant les élèves des lycées M. Inaudi a répété 400 chiffres. Ne connaissant ce résultat que de seconde main, nous ne pouvons en garantir l'exactitude.

Ce qui ajoute au caractère vraiment extraordinaire de cette mémoire, c'est que M. Inaudi répète ces tours de force tous les soirs, régulièrement, dans des représentations théâtrales, et deux fois par jour le dimanche. Il donne en outre de nombreuses séances en ville, à la presse, dans des lycées, chez des particuliers; et on peut évaluer, en moyenne, et en restant bien au-dessous de la vérité, à 300 le nombre de chiffres qu'il grave dans sa mémoire tous les jours.

Telle est l'étendue de sa mémoire; pour la précision, il suffit de signaler ce simple fait que si on lui récite une série de 24 chiffres, il peut répéter la série soit dans l'ordre où on la lui donne, soit dans l'ordre inverse.

La durée de la mémoire des chiffres est très variable. On comprend que M. Inaudi ne se donne aucune peine pour se rappeler longtemps les chiffres qu'on lui a dits, dans une séance quelconque; ce serait sans intérêt. Mais il affirme que lorsqu'on lui demande de conserver la mémoire de certains chiffres, il peut les conserver exactement pendant des mois, bien entendu sans les écrire.

Nous pouvons citer un curieux exemple de la persistance de sa mémoire des chiffres. M. Darboux, à une séance de la commission académique, donne à M. Inaudi 24 chiffres à répéter. M. Inaudi s'en souvient quatre ou cinq jours après, dans une séance à la Salpêtrière; nous n'avons pas pu nous assurer de l'exactitude de la répétition, n'ayant pas assisté à la séance de la commission. Mais nous écrivons les chiffres dits par M. Inaudi à la Salpêtrière; quarante jours après, nous le revoyons; dans cet intervalle, il a chaque jour, dans les séances qu'il donne en ville et sur les théâtres opéré sur 300 chiffres au minimum; de plus, il n'était nullement averti que nous lui demanderions la série de chiffres donnée par M. Darboux; cependant il a pu en retrouver un peu plus de la moitié, en faisant un grand effort d'esprit.

Pouvoir d'acquisition de la mémoire des chiffres.

Nous avons été amenés, par l'étude de M. Inaudi, à distinguer deux choses dans la mémoire des chiffres : 1° le nombre maximum de chiffres qu'un sujet peut répéter, après une seule audition ; 2° le nombre de chiffres qu'un sujet peut retenir, en plusieurs fois. Cette distinction est élémentaire, mais on ne la fait pas toujours. Des personnes, ayant remarqué que M. Inaudi peut se rappeler 400 chiffres provenant de problèmes divers qu'on lui a posés dans une séance, croient légitime d'en conclure que si on récitait au sujet 400 chiffres sans interruption, il pourrait les répéter exactement. M. Inaudi lui-même semblait pencher vers cette opinion. Les expériences que nous avons faites ont bien montré qu'il y avait là une erreur.

En général, une personne normale peut répéter de 6 à 12 chiffres, après une seule audition. Nous avons prié un élève du laboratoire, M. Gaultier, de faire des recherches sur la mémoire des chiffres et des lettres. Ces recherches seront publiées plus tard ; pour le moment, nous pensons utile d'en extraire les résultats suivants, que M. Gaultier a réunis dans une courte note ; ces résultats serviront de point de comparaison pour apprécier les aptitudes de M. J. Inaudi.

Nombre moyen de chiffres retenus.

1° Quand les chiffres sont prononcés avec une voix monotone, 7.

2° Quand les chiffres sont prononcés avec une voix rythmée, 9.

3° Quand les chiffres sont groupés par deux, 10.

4° Quand les chiffres sont groupés par deux et en outre rythmés, 2.

Le nombre des chiffres pouvant être retenus par une personne, exprime l'étendue de la mémoire de cette personne pour les chiffres ; cette étendue, sans être absolument fixe et immuable, présente cependant une certaine constance, comme le prouve ce fait curieux que si l'on prie une personne d'apprendre un nombre de chiffres supérieur à la moyenne qu'elle peut retenir après une seule audition, on voit la courbe graphique des temps s'élever brusquement ; ainsi une des personnes examinées met 2 secondes pour apprendre de 4 à 7 chiffres ; elle met 3 secondes pour apprendre de 8 à 10 chiffres ; 4 secondes pour 11 chiffres ; 13 secondes pour 12 chiffres ; 38 secondes pour 13 chiffres ; 75 secondes pour 14 chiffres.

Examinons maintenant ce que peut faire M. Inaudi.

M. Inaudi a l'habitude dans ses exercices de répéter 24 chiffres ; on les divise par tranches de trois et on en dit la valeur ; M. Inaudi répète, à la suite de celui qui énonce, chaque tranche, avec l'indication de la valeur ; puis il répète la série entière. Dans cet acte de rappel, il est guidé par le son de sa propre voix qu'il entend retentir en lui (audition mentale). Le fait d'articuler lui-même des nombres facilite sa mémoire, comme l'indication de la valeur ; quand la série entière

vient d'être énoncée, M. Inaudi a le sentiment qu'il l'a apprise et peut la répéter; il ignore à quel signe il reconnaît que la série est apprise.

Il a pu répéter une fois, nous dit-il, une série de 27 chiffres. Nous proposons de lui en lire 36, en les groupant à sa manière; il y consent; nous lisons simplement les chiffres par tranches de trois; lui-même, en répétant chaque tranche, ajoute l'indication de la valeur; la répétition de la série entière se fait sans aucune erreur; mais le sujet, pendant l'expérience, a fait des efforts visibles d'attention; il a cligné des yeux et de temps en temps fermé énergiquement les poings, comme pour forcer un souvenir à revivre; il s'est repris une ou deux fois. Il remarque alors qu'il lui est plus facile de répéter 400 chiffres résultant de problèmes divers qu'on lui a posés pendant une soirée, que de répéter d'une façon continue une série de 36 chiffres. Voici la raison qu'il en donne : quand il répète les 400 chiffres, il est aidé par le souvenir des problèmes posés, qui ont contribué à bien fixer son attention sur les chiffres et ont donné à ces chiffres un caractère intéressant; la série monotone de 36 chiffres sans signification éveille moins son attention. Nous pouvons ajouter comme seconde raison que les intervalles de repos doivent être utiles pour s'assimiler les chiffres; la série de 36 doit être apprise d'une manière continue, et c'est là un effort pénible.

Nous demandons ensuite, quelques minutes après, à M. Inaudi de répéter 52 chiffres. Il y consent, non sans appréhension. Quand le vingt-sixième chiffre vient d'être prononcé par l'expérimentateur, M. Inaudi s'arrête, très troublé : « c'est curieux, dit-il, je n'ai jamais éprouvé cela, je sens que je vais oublier les chiffres que vous venez de réciter ».

A quel signe reconnaît-il ce trouble de la mémoire? Il n'a pu le dire. Toujours est-il que revenant en arrière, il répète la série des 26 chiffres qu'on vient de dire, puis demande à l'expérimentateur de continuer l'expérience. Il n'a pas pu répéter les 52 chiffres. Il en a omis, transposé, il a commis des erreurs sur environ 40 chiffres; 42 ont été répétés exactement. Dans ces diverses épreuves, M. Inaudi a demandé à ce que les chiffres fussent prononcés très lentement. Il attribue son insuccès partiel à ce que la disposition de l'expérience n'éveillait pas suffisamment son attention sur la série des chiffres.

Les autres mémoires. — La mémoire des chiffres est plus développée chez M. Inaudi que toutes les autres mémoires. La comparaison est surtout intéressante à faire avec la mémoire des lettres. M. Inaudi, devant qui on prononce une série de lettres (ne formant point des mots) est incapable d'en répéter plus de cinq ou six; même impuissance pour répéter deux lignes de prose ou de vers. Il hésite, perd de son assurance, déclare qu'il ne peut pas répéter, et en somme se dérobe à l'expérience, par crainte de ne pas donner un résultat brillant. Cela est singulier, d'autant plus qu'entre une lettre et un chiffre il n'y a guère qu'une différence conventionnelle de signification; ce sont pour l'oreille deux sons articulés, tout à fait équiva-

lents. L'expérience a été considérée à bon droit comme un document de plus à l'actif de la théorie des *mémoires partielles*, théorie qui admet l'existence de plusieurs mémoires indépendantes, dont chacune peut se développer isolément, sans que les autres participent nécessairement à ce développement.

Les autres mémoires de M. Inaudi ne présentent rien de remarquable. On l'a longuement interrogé; il paraît ne pas se souvenir d'une manière exceptionnelle, des figures, des lieux, des événements, des airs de musique, etc. Son impresario rapporte même qu'il n'a pas reconnu une ville où il s'était rendu peu d'années auparavant. Malheureusement, ces divers renseignements restent un peu vagues. Nous avons pu faire une expérience plus précise sur la mémoire des nuances de couleur. Nous reviendrons une autre fois sur ce point.

Nature de la mémoire des chiffres. — Bien différent de tous les calculateurs prodiges connus jusqu'à ce jour, M. Inaudi ne se représente pas les chiffres *visuellement*, pendant qu'il opère de tête. Il entend seulement les chiffres résonner à son oreille; il les entend comme s'ils étaient prononcés par sa propre voix. Comment les verrait-il, dit-il lui-même, puisqu'il ne sait lire que depuis quatre ans, et qu'il a calculé bien avant cette époque?

« J'entends les chiffres, dit-il encore, et c'est mon oreille qui les retient; je les entends retentir en moi pendant une bonne partie de la journée. »

Différentes observations qu'on a faites sur lui viennent confirmer son témoignage sur ce point délicat. En général, c'est par l'audition qu'il recueille les problèmes qu'on lui pose; il écoute l'énoncé du problème, et il préfère de beaucoup ce moyen de communication à celui de la lecture; si on le force à lire les données écrites, il les lit à haute voix, c'est-à-dire qu'il revient par un artifice à son procédé naturel qui consiste à entendre et à dire le chiffre; une fois lancé dans ses calculs, il évite de jeter les yeux sur le papier; la vue des caractères écrits n'aurait d'autre effet que de l'embrouiller. C'est là un fait que nous avons constaté fréquemment dans les expériences de calcul auxquelles nous l'avons soumis, et qui seront rapportées un peu plus loin.

On peut se demander si l'habitude qu'Inaudi avait prise, dans son enfance, de calculer dans sa tête, sans compter sur ses doigts ou avec des cailloux, n'a point influé sur ses procédés de calcul.

Bien qu'il ne voie pas mentalement les chiffres, il peut répéter une série de chiffres dans l'ordre inverse de celui où on les a énoncés. On comprend qu'une personne qui *visualise* les chiffres soit capable de les réciter dans n'importe quel sens, car les réciter à rebours revient à les lire mentalement de droite à gauche, au lieu de les lire de gauche à droite. Pour un auditif, cette récitation à rebours est plus difficile à concevoir; on se demande si un musicien qui vient d'entendre un air pourrait bien le répéter en sens contraire, en se guidant par l'oreille, et sans se représenter les notes sur les portées. M. Inaudi

n'arrive pas à expliquer son procédé. Peut-être se récite-t-il très rapidement la série dans le premier sens, pour pouvoir se la rappeler en sens inverse. C'est ainsi, ce nous semble, que ferait un auditif qui chercherait à réciter l'alphabet dans l'ordre renversé; nous pensons par exemple en ce moment à la lettre *r*, et nous ignorons quelle est la lettre qui la précède; naturellement, l'idée nous vient de réciter une portion d'alphabet antérieure à cette lettre; nous disons très rapidement les lettres *m, n, o, p, q, r...* nous découvrons ainsi que le *q* est avant l'*r*, et que le *p* est avant le *q*, et dans toute l'opération, nous n'avons pas vu une seule fois la forme de la lettre, nous nous sommes laissé guider constamment par le souvenir auditif; c'est peut-être là le moyen de M. Inaudi. Mais ses explications sur ce point manquent de netteté.

On a cherché à la Salpêtrière à mettre bien en lumière le caractère auditif de sa mémoire en lui proposant l'expérience suivante; on lui présente 5 nombres de 5 chiffres, disposés en échiquier: on le prie de les apprendre; puis on lui demande de les dire suivant telle direction, par exemple la diagonale du carré. La figure suivante où les chiffres de la diagonale sont marqués en caractères gras nous dispensera de plus longues explications:

6	2	4	8	9
5	4	3	8	0
8	9	3	3	6
5	2	8	5	4
7	2	1	4	7

Pour un visuel, rien de plus simple; il a dans la mémoire le tableau fictif du carré de chiffres, et si son tableau est bien net, il peut le lire aussi facilement dans n'importe quelle direction. Au moins, c'est là l'hypothèse dont on part. Au contraire, l'auditif doit être bien embarrassé; il ne voit rien, les chiffres ne sont pour lui qu'une succession de sons; il n'y a point pour ces sons des relations d'espace; ils ne sont pas situés à droite ou à gauche ou au-dessus les uns des autres. S'il veut dire les chiffres de la diagonale, il est obligé de recourir à un artifice, qui consiste à répéter successivement les nombres du carré, et à prendre par raisonnement dans chacun de ces nombres le chiffre qui doit appartenir à la diagonale. Pour donner la diagonale que nous avons tracée dans la figure précédente, l'auditif se dira: le dernier chiffre du premier nombre donne le premier de la diagonale; il récitera le nombre et retiendra le dernier chiffre; puis, l'avant-dernier chiffre du second nombre fournira le second chiffre de la diagonale; il récitera ce second nombre, et retiendra cet avant-dernier chiffre, et ainsi de suite.

Telle est l'idée théorique sur laquelle repose l'expérience; et nous avons pensé que cette idée était assez intéressante par elle-même pour être consignée ici. M. Inaudi, soumis à l'expérience, est parvenu à dire les chiffres selon la diagonale; il y est arrivé assez lentement, et en étant obligé d'énoncer les 5 nombres successivement pour

prendre dans chacun d'eux le chiffre devant faire partie de la diagonale. Ce qui était prévu est donc arrivé. Il reste à savoir si ce résultat est significatif. Le temps nécessaire à une telle opération ne l'est guère; car il ne sera pas nécessairement plus long pour un auditif que pour un visuel; supposons l'auditif doué d'une très bonne mémoire, il récitera très vite les nombres de l'échiquier et trouvera rapidement les chiffres de la diagonale; au contraire, un visuel qui ne distingue pas clairement les chiffres, qui les oublie, ou qui n'a pas l'esprit prompt, mettra plus de temps à l'opération, quoique celle-ci ne soit pour lui qu'une simple lecture; la forme de la représentation n'entre donc pas seule en ligne de compte, pour déterminer le temps nécessaire à l'opération.

Il nous semble que ce qu'il y a de caractéristique, c'est que l'auditif énonce mentalement les nombres entiers, tandis que le visuel peut ne voir que les chiffres de la diagonale. Mais cette opinion a besoin d'être vérifiée par des expériences nombreuses.

Il résulte de tout ceci que M. Inaudi ne se sert point des représentations visuelles comme base de ses calculs; il est donc auditif; et en même temps, comme il chuchote des chiffres à voix basse pendant ses opérations mentales, on peut supposer que l'articulation fait partie intégrante de ses procédés de représentation, et qu'il est par conséquent à la fois auditif et moteur. Sa courbe respiratoire prise pendant qu'il exécutait de tête un problème compliqué a bien montré la présence de ce chuchotement, que l'on entend du reste très nettement, lorsqu'on y prête un peu d'attention.

M. Charcot a cherché à voir ce qui se produirait si l'on empêchait ces mouvements d'articulation de se produire, en priant le sujet de tenir la bouche ouverte pendant qu'il fait ses opérations; cet artifice n'a point donné de résultat parce que, malgré l'ouverture de la bouche, M. Inaudi continue à mouvoir sa langue, et il perçoit lui-même ses mouvements. Nous avons cru qu'il serait préférable d'occuper à un autre travail ses organes d'articulation, et nous lui avons demandé de chanter une voyelle, l'i, par exemple, pendant toute la durée d'un calcul mental; en se soumettant soi-même à l'expérience, on n'a pas de peine à se convaincre de l'impossibilité qu'il y a à prononcer des chiffres à voix basse si l'on chante une voyelle comme l'i; tout effort fait dans ce sens se remarque de suite par une altération dans le son chanté.

M. Inaudi s'est prêté à plusieurs reprises à cet essai. Pour obtenir deux résultats comparables, nous lui avons posé une première fois le problème suivant : combien y a-t-il de secondes en 94 ans, 7 mois, 3 jours? Le calcul a été fait pendant que le sujet chantait la voyelle i; la réponse a été donnée en 50 secondes. Le sujet a remarqué, comme nous-mêmes l'avons fait, qu'il a plusieurs fois triché, et cessé de prononcer la lettre i. Un problème analogue (combien de secondes en 78 ans, 3 mois, 8 jours) fait sans chanter a été résolu en 22 secondes, c'est-à-dire en moitié moins de temps.

II

Après avoir étudié chez M. Inaudi la mémoire des chiffres, examinons sa faculté de calcul. Nous n'étudierons qu'un seul point, très spécial : la rapidité avec laquelle M. Inaudi indique la solution d'un problème qui lui a été posé. A cette occasion, nous passerons en revue les différentes méthodes qui peuvent être employées en psychologie pour la mesure des temps de réaction par la parole.

M. Inaudi montre, dans ses calculs, une rapidité qui a été reconnue, vantée et exagérée par beaucoup d'auteurs. Diverses remarques doivent être faites tout d'abord, pour éviter des illusions faciles. Le plus souvent, M. Inaudi commence à calculer pendant qu'il écoute les données ; si l'énonciation de ces données prend trente secondes, c'est autant de gagné pour lui, et quand il dit « je commence » il a en réalité terminé une bonne partie du travail. Exemple :

On lui pose le problème suivant, qui est du genre de ceux avec lesquels on l'a familiarisé : combien y a-t-il de secondes en 39 ans, 3 mois et 12 heures ? La réponse a été trouvée en 3 secondes. Trois secondes, est-ce matériellement possible pour un tel calcul, même en admettant que le sujet connaît d'avance les secondes d'un jour, d'un mois, d'une année ? Nous ne le croyons pas. Mais en réalité, voici ce qui s'est passé. Nous avons prononcé avec une très grande lenteur le nombre des années, des mois et des jours ; et M. Inaudi avait commencé les calculs tout en prêtant l'oreille.

Autre remarque : il est certain que M. Inaudi connaît d'avance certains résultats de calculs partiels qu'il utilise à chaque occasion nouvelle : sa mémoire a retenu les racines d'un grand nombre de carrés parfaits ; il sait aussi le nombre d'heures, de minutes et de secondes contenues dans l'année, le mois, le jour. Bien qu'il ait quelque peine à entrer dans des aveux sur ces points délicats, nous avons pu cependant le décider, en le priant de résoudre un problème de secondes, dans lequel les jours étaient censés n'avoir que vingt-trois heures, et les heures que cinquante minutes, etc. M. Inaudi a remarqué alors qu'il prendrait plus de temps que d'ordinaire pour résoudre un tel problème, et qu'il savait par cœur les secondes d'un jour, d'un mois et d'une année.

Pour mesurer exactement le temps nécessaire au calcul mental, nous avons d'abord songé à l'appareil de M. Wundt, mais nous avons été obligés d'y renoncer, par suite de difficultés de réglage. Nous n'avons pas employé le procédé élémentaire qui consiste à agir sur un courant par un interrupteur *en même temps* qu'on prononce un mot ; nous avons dit déjà, dans une étude précédente sur l'*audition colorée*¹,

1. *Rev. phil.*, avril 1892.

que le sujet, dans ce cas, a une tendance à mouvoir la main avant de prononcer le mot, de sorte que le temps de réaction qu'on enregistre est trop court. Cette cause d'erreur, déjà appréciable chez des élèves qui cherchent à faire les expériences avec le plus de conscience possible, serait devenue énorme, avec un calculateur tel que M. Inaudi, qui met un point d'honneur à calculer dans le moins de temps possible. Nous avons recouru à un autre moyen. Sur les indications que M. d'Arsonval a bien voulu nous donner (et dont nous le remercions vivement), M. Ch. Verdin a construit pour notre laboratoire un appareil (voir fig. 1) formé de deux gouttières, portées sur des lames métalliques flexibles qui s'adaptent exactement aux lèvres du sujet en expérience; ce petit appareil est mis en relation avec le chronomètre de d'Arsonval; quand le sujet ouvre la bouche pour parler, les deux gout-

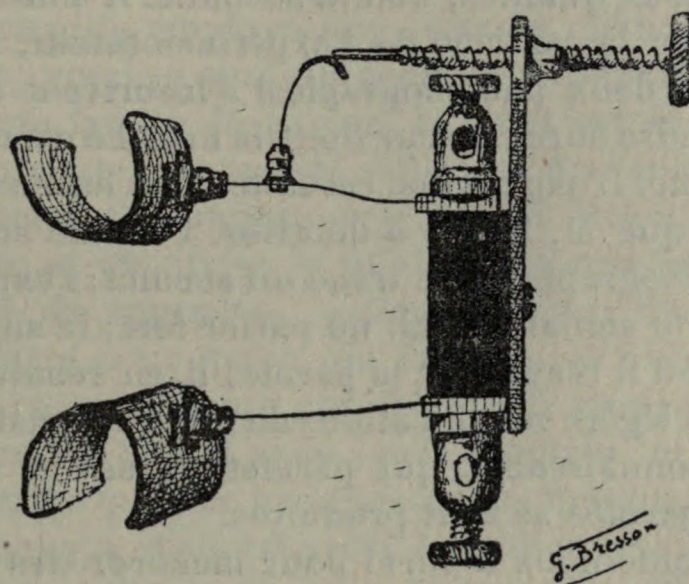


Fig. 1.

tières, qui étaient rapprochées l'une de l'autre dans la position de la bouche fermée, s'écartent, et la tige fixée sur la base de l'une d'elles vient butter contre l'extrémité d'une vis dont on peut régler la distance par rapport à la gouttière; le contact entre ces deux pièces ferme un courant, qui a pour effet d'arrêter l'aiguille du chronomètre. Voici donc comment l'expérience se dispose. L'expérimentateur donne le signal verbal de la réaction en ouvrant le courant qui fait partir l'aiguille du chronomètre; par exemple, s'il veut mesurer le temps nécessaire à une multiplication, il dit : trois fois cinq : au moment où il prononce le mot cinq, il agit avec la main sur un interrupteur; car il a tout loisir pour préparer ces deux actes, il peut arriver, avec un peu d'habitude, à les faire presque simultanément. Le sujet, dès qu'il a entendu le nombre cinq énoncé, fait sa multiplication mentale; il la fait la bouche fermée; dès qu'il a trouvé la solution, il l'énonce; et comme, pour l'énoncer, il ouvre la bouche, cet acte agit sur le petit appareil que nous venons de décrire, et l'aiguille du chronomètre est arrêtée. Nous avons expérimenté cet appareil sur nous-même; il peut donner de bons résultats quand on s'y est adapté, et aussi, naturelle-

ment, quand on a l'intention de faire les expériences avec le plus grand soin, sans tricherie petite ou grande. En général, on a une tendance à ouvrir trop tôt la bouche; on ne l'ouvre pas *pour* parler, on l'ouvre *avant* de parler, quelquefois aussi avant d'avoir trouvé ce qu'on doit dire. Après avoir expérimenté ce procédé sur M. Inaudi, nous avons dû l'abandonner.

Si nous entrons dans le détail de ces recherches, c'est que nous les croyons utiles à connaître; tous les psychologues, certainement, ont eu à s'occuper des moyens de prendre les temps de réaction par la parole, car ce sont ceux-là surtout qui ont une signification psychologique; mais on n'a pas encore trouvé, à notre connaissance, un procédé à la fois précis et commode.

Celui que nous avons adopté, après bien des tâtonnements, a la première de ces deux qualités, non la seconde. Il consiste à placer un pneumographe sur la poitrine de l'expérimentateur, et un autre sur celle du sujet; les deux pneumographes s'inscrivent chacun séparément sur un cylindre enregistreur dont la marche est contrôlée par un diapason électrique. L'expérience est faite dans les conditions aujourd'hui classiques que M. Marey a décrites. Un aide surveille le tracé du premier pneumographe et le tracé du second; l'expérimentateur a soin, en donnant le signal verbal, de parler fort; le sujet est prié d'en faire autant quand il réagit par la parole; il en résulte sur les tracés respiratoires une légère modification, de nature variable, mais le plus souvent bien reconnaissable, qui permet de savoir à quel moment précis les deux paroles se sont produites.

Ce procédé d'étude nous a servi pour mesurer des temps d'opérations très simples; pour ces opérations qui durent des fractions de seconde, la montre dont on se sert en général ne peut suffire; il faut des appareils plus précis.

Nous avons d'abord mesuré le temps nécessaire pour extraire une racine carrée; voici les temps, mis en regard des opérations.

Demande :	$\sqrt{625}$.	Réponse :	25	Temps :	1",49.
—	$\sqrt{324}$.	—	18	—	1",22.
—	$\sqrt{827}$.	—	28 (reste, 53).	—	2",56.
—	$\sqrt{640}$.	—	25 (reste, 15).	—	1",68.
—	$\sqrt{4920}$.	—	70 (reste, 20).	—	3",00.

Le temps le plus long a été, on le voit, de trois secondes, ce qui donne absolument, aux témoins de ces expériences, le sentiment de l'instantanéité. Les restes ont été indiqués après et ne sont pas compris dans le temps.

Les divisions ont donné les résultats suivants :

Demande :	25 : 15.	Réponse :	$1 + \frac{2}{3}$.	Temps :	0",95.
—	83 : 9.	—	$9 + 2$.	—	1",99.
—	388 : 23.	—	$14 + 20$.	—	3",30.
—	340 : 26.	—	$12 + 8$.	—	4",56.
—	35 : 8.	—	$4 + 3$.	—	0",79.

Le temps a été calculé de la façon suivante : l'expérimentateur donne d'abord, lentement, le dividende, puis brusquement le diviseur, et c'est à partir du moment où le diviseur a été dit que le temps est calculé. Nous avons ensuite mesuré le temps de quelques multiplications, avec le même procédé.

Demande : 25×9 .	Temps : 0",57.
— 46×12 .	— 0",79.
— 15×7 .	— 1",29.
— 35×12 .	— 1",32.
— 58×15 .	— 1",36.

Enfin, on a mesuré le temps nécessaire à une addition simple; le chiffre à additionner étant de 7, le temps moyen a été de 0",82; le chiffre étant de 2, le temps moyen a été de 0",75; enfin pour l'addition d'une unité, le temps a été de 0",35.

Nous avons ensuite employé une seconde méthode, plus expéditive que la première : voici en quoi elle consiste : Une série d'opérations sont inscrites sur une feuille de papier; le sujet est averti d'avance qu'il doit faire, sans s'interrompre, et sans prendre aucun repos, toute la série de problèmes. On marque avec une montre à secondes le temps total de la série; et on divise le total par le nombre d'opérations. Ce procédé permet de connaître le temps moyen d'une opération très courte, trop courte pour qu'on pût la mesurer avec la montre. Pour éviter les erreurs, autant que possible, trois personnes étaient chargées de prendre les temps avec leurs montres, et on conservait la moyenne des temps que ces trois personnes indiquaient.

Ce procédé nous a d'abord servi à étudier une série d'opérations très simples, des additions. Sur une suite de feuilles de papier sont inscrites des colonnes de 20 chiffres. Le sujet doit ajouter un chiffre, toujours le même, à chacun des chiffres de la colonne; il ne lit pas à haute voix le chiffre de la colonne, il se contente d'énoncer chaque fois le résultat de l'addition. Supposons qu'une des colonnes se compose des chiffres : 3, 9, 2, 3, 6, 3, 1, etc., et que le chiffre 4 doive être ajouté. Le sujet devra parcourir des yeux la colonne, et dire à haute voix, 7, 13, 6, 9, 10, 7, 5 etc., chiffres qui sont le résultat de l'addition de 4 aux chiffres de la colonne. Nous avons établi de la sorte 12 colonnes, dans lesquelles il fallait ajouter successivement les nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 18, 22, etc.

Ces expériences ont été répétées sur des calculateurs de profession afin de donner des termes de comparaison.

Remarquons que ces expériences ne sont point comparables à celles qui ont été faites avec le cylindre enregistreur; avec le dispositif du cylindre, le sujet entendait le chiffre dit et répondait; maintenant, il lit, circonstance qui gêne un peu M. Inaudi, comme nous l'avons vu précédemment; de plus, et par une sorte de compensation, le sujet, tout en prononçant un chiffre, peut déjà lire le suivant, ce qui lui fait gagner du temps. Notre nouvelle expérience n'est comparable qu'à

elle-même. Voici les temps que nous avons obtenus, pour les différents genres d'addition : pour 1, le temps est de 0",58; pour 2, de 0",55; pour 3, de 0",6; pour 4, de 0",7; pour 5, de 0",68; pour 7, de 0",73; pour 9, de 0",7; pour 12, de 0",77; pour 15, de 0",7; pour 23, de 0",7; pour 28, de 0",7; pour 47, de 0",75; pour 369, de 0",7; pour 2435, de 0",85.

Dans la figure 2, les résultats de l'expérience sont représentés graphiquement; les chiffres placés en haut sur une ligne horizontale sont ceux que le sujet a dû ajouter à la colonne de 20 chiffres; sur la ligne verticale sont indiqués, en secondes, les temps de ces opérations. — On voit que le tracé de M. Inaudi est resté à peu près horizontal, ainsi que celui de MM. *Lour* et *Ret* (calculateurs de profession); ces diverses personnes ne mettent pas beaucoup plus de temps à ajouter 36 et 2435 qu'à ajouter 1 ou 2. C'est qu'en effet, ces diverses opérations ne présentent pas grande différence au point de vue de la difficulté : qu'on ajoute 5 ou 2435, cela revient à peu près au même, puisque le chiffre 5 est en quelque sorte le seul actif dans les deux additions. Au contraire, les élèves du laboratoire, MM. Ch., J. P., etc., Mmes Bon..., Bal..., etc., ont présenté des temps bien différents, et leurs tracés, qu'on retrouve sur la figure 2, ont tous une direction ascendante. Ces dernières personnes ne sont point habituées au calcul, et la difficulté toute superficielle, créée par la série des additions, paraît les avoir embarrassées.

Nous avons ensuite proposé à M. Inaudi des séries d'additions, dans lesquelles chacune des additions diffère de la précédente en ce que chacun des deux nombres entre lesquels se fait l'addition est augmenté d'un chiffre; comme un exemple vaut mieux que toutes les explications, nous donnons un échantillon de notre nouvelle série d'additions : $5 + 4$; $25 + 48$; $639 + 827$; $4564 + 8230$, etc. Il est clair que ces dernières additions exigent des opérations mentales en nombre différent; quelle que soit l'habileté du calculateur, le travail nécessaire pour additionner deux nombres de quatre chiffres chacun est plus grand que pour additionner deux nombres de deux chiffres seulement.

Pour chacune de ces additions, on a suivi la marche adoptée dans les épreuves précédentes. Ainsi, pour les additions de deux nombres, le sujet avait sous les yeux une colonne de 20 nombres de deux chiffres chacun; et il devait additionner successivement le nombre 45 à chacun des 20 nombres de la colonne, et énoncer, à mesure, à haute voix, le résultat de chacune des vingt additions.

M. Inaudi a mis le temps suivant pour ces diverses opérations (nous rappelons que le temps indiqué ici est le temps moyen calculé sur vingt opérations) : addition de deux nombres de deux chiffres, 0",8; de trois chiffres, 1",5; de quatre chiffres, 2",2; cinq chiffres, 3",4; etc.

Même expérience a été faite avec une série de soustractions; soustractions de nombres de un chiffre : 0",8 (parfois le résultat était une valeur négative et le sujet l'a indiqué); de deux chiffres : 0",8; de trois chiffres : 1",6; de quatre chiffres : 2",8

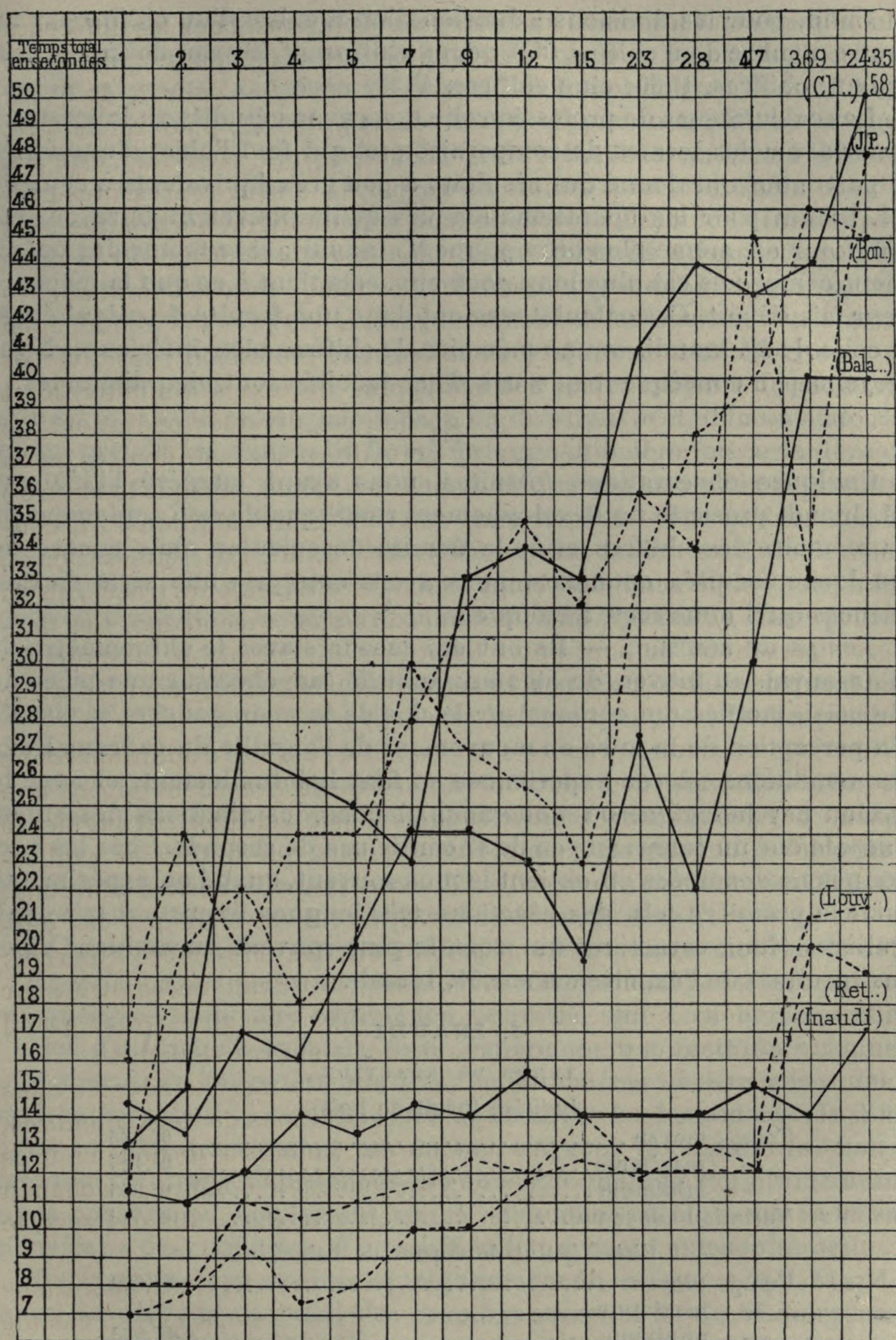


Figure 2.

Même expérience pour les multiplications : multiplication de deux nombres d'un chiffre : 0",6; de nombres de deux chiffres, 2",0; trois chiffres, 6",4; quatre chiffres, 21",0.

Enfin, pour les divisions : division d'un nombre d'un chiffre par un autre nombre d'un chiffre, 0",80 ; deux chiffres, 1",40 ; trois chiffres, 2",50 ; quatre chiffres, 1",80 ; cinq chiffres, 4",20.

Les calculateurs de profession que nous avons étudiés au laboratoire pour avoir des termes de comparaison (et qui font l'objet d'une étude à part) nous ont donné des résultats à peu près équivalents à ceux de M. Inaudi pour les opérations simples qu'ils pouvaient faire de tête (M. Lour est même plus prompt que M. Inaudi) ; si le temps des opérations complexes est plus long pour eux, cela tient à ce que la mémoire leur fait défaut. Ces calculateurs ont donc une faculté de calcul égale à celle de M. Inaudi, et une mémoire de chiffres bien inférieure. Nous voyons par conséquent que ces deux facultés sont bien distinctes.

III

Quelques observations fortuites nous ayant suggéré l'idée que M. Inaudi présente un développement remarquable non seulement de la mémoire des chiffres et de la faculté de calculer, mais encore de quelques facultés connexes, nous avons entrepris une série d'expériences qu'il nous reste à indiquer.

Temps de réaction. — Ils ont été mesurés avec le chronomètre de d'Arsonval, au moyen de signaux auditifs (un choc sur une pièce de bois), tactiles (un contact sur le dos de la main gauche) et visuels (la perception de la mise en mouvement de l'aiguille du cadran). Dans les conditions où ces expériences se font habituellement, et avec le milieu psychologique où nous nous plaçons, les réactions des sujets *exercés* ont un temps moyen de 12 centièmes de seconde. Chez les personnes non exercées on obtient le plus souvent, quand on expérimente pour la première fois, des réactions très longues et surtout très irrégulières (deux caractères qui vont le plus souvent ensemble). Voici les résultats de l'expérience sur M. Inaudi.

J. INAUDI

TEMPS DE RÉACTION

Audition (bruit de bois)

Temps moyen.....	0",086
— maximum.....	0",105
— minimum.....	0",065
Variation moyenne....	0",009

Vision (point de départ de l'aiguille)

Temps moyen.....	0",089
— maximum.....	0",11
— minimum.....	0",070
Variation moyenne.....	0",010

Toucher (contact main gauche)

Temps moyen.....	0",088
— maximum.....	0",12
— minimum.....	0",070
Variation moyenne.....	0",011

Cette série de chiffres suggère plusieurs remarques. D'abord il faut noter que le temps moyen de réaction reste à peu près le même, quelle que soit la nature du signal, ce temps moyen est de 0",08. On aurait pu supposer que M. Inaudi appartenant, d'une manière presque exclusive, au type auditif, ses réactions auditives seraient les plus courtes. Nous avons même eu, un moment, l'idée que la méthode des temps de réaction pourrait être utilisée pour connaître le type de mémoire des personnes. Nous ignorons si cette hypothèse doit être abandonnée ou non; peut-être l'expérience, tentée sur des hystériques, donnerait-elle quelques résultats intéressants; elle a été, en tout cas, complètement négative en ce qui concerne M. Inaudi.

On remarquera en outre la rapidité des temps moyens de réaction; elle est tout à fait remarquable chez un débutant (c'était la seconde fois qu'on prenait les temps; ils furent pris une première fois au milieu du bruit; les résultats sont donc entachés d'erreur, mais cette première épreuve a eu l'avantage d'habituer le sujet). Il est clair que M. Inaudi, même pour un acte aussi élémentaire qu'un mouvement de la main, est supérieur à la majorité des individus. Ceci tient sans doute à son pouvoir d'attention volontaire, autant qu'à la rapidité de l'acte pris en lui-même.

La variation moyenne des temps de réaction a été extrêmement faible : 0",008; encore une preuve de la force que possède son pouvoir d'attention.

Ayant remarqué que pendant ses calculs il articule des noms de chiffres avec une très grande volubilité, nous avons mesuré le temps qui lui est nécessaire pour prononcer la série de chiffres depuis 1 jusqu'à 50; première expérience, 12",0; seconde expérience, 13",5. Ce temps est court, mais ne présente rien d'exceptionnel.

Sa force musculaire dynamométrique est moyenne, environ 40 k.

Expérience des métronomes. — Nous sommes obligés d'indiquer ici en quelques mots une expérience nouvelle, qui fera certainement l'objet d'un article spécial; cette expérience est destinée à donner une mesure de l'attention auditive; on fait battre simultanément deux métronomes dont le sujet est prié de compter les battements; la difficulté de cette numération est en rapport avec la vitesse des battements et d'autres circonstances que nous indiquerons. Pour le moment, nous constatons simplement que M. Inaudi a pu faire des numérations dans des conditions d'une difficulté vraiment extraordinaire.

Nous terminerons en disant quelques mots du caractère de M. Inaudi; nous devons sur ce point des renseignements à M. de Thorcey, son impressario.

Caractère. — M. Inaudi a un caractère doux et modeste; il est calme, tranquille, il n'a pas les manières embarrassées; il parle peu, garde une attitude plutôt réservée. Il montre plus d'aplomb en public. Enfant, il était très espiègle; aujourd'hui, il a souvent un tour d'esprit ironique; dans ses séances sur le théâtre, il explique ses procédés

au public, en ajoutant avec malice que rien n'est plus simple et que tout le monde peut en faire autant. Il paraît sincère (comme Broca l'avait déjà remarqué) et il est le premier à reconnaître les erreurs de calcul qu'il peut commettre. Il n'est point susceptible et se met rarement en colère. Il est modeste, mais naturellement très fier de sa puissance de calcul, et il s'inquiète un peu des comparaisons qu'on cherche à faire entre ses facultés et celles des autres calculateurs prodiges. Son amour-propre le rend très attentif aux expériences, auxquelles il donne son maximum d'attention.

Son instruction est restée peu développée, car il n'y a guère que quatre ans qu'il a appris à lire; ses sujets de conversation sont assez limités; mais on n'a pas de peine à s'apercevoir qu'il a une bonne intelligence naturelle. Il est loin de se renfermer entièrement dans ses calculs; ce n'est nullement une simple machine à calculer. Au laboratoire, il s'est intéressé aux appareils qu'on faisait fonctionner devant lui; il a compris le maniement du d'Arsonval, avec une promptitude d'esprit qui nous a frappés d'autant plus que la majorité des personnes sont très lentes à comprendre comment on doit réagir.

En dehors de ses exercices, il lit les journaux et s'occupe de politique; il joue aux cartes et au billard. Il parle peu de chiffres: parfois il est préoccupé par un problème qu'on lui a posé et qu'il n'a pu résoudre; alors, il s'abstrait du monde extérieur et n'écoute plus personne. Il mange beaucoup et dort longtemps. Il rêve parfois de chiffres et de nombres; ce sont là les seuls rêves dont il garde un souvenir distinct au réveil. Les besoins sexuels sont chez lui très développés.

Il ne s'occupe point lui-même de la publicité à donner à ses expériences; il nous a paru plutôt disposé à subir la direction des personnes pour lesquelles il a de la sympathie; il ne semble pas avoir de grands besoins d'indépendance.

En résumé, nous remarquons chez M. Inaudi :

1° Un développement remarquable de la mémoire des chiffres qui lui permet de retenir de 200 à 400 chiffres qui lui sont dits dans une même séance.

2° La force d'acquisition de la mémoire des chiffres n'atteint pas 50 chiffres.

3° M. Inaudi est un exemple remarquable de mémoire partielle; les autres mémoires, même celle des lettres, sont chez lui très peu développées.

4° Dans ses opérations, M. Inaudi ne se sert point d'images visuelles, mais d'images auditives et motrices. Il est le premier exemple connu d'un grand calculateur mental qui n'est pas visuel.

5° Comme calculateur, M. Inaudi n'est pas plus rapide que beaucoup de calculateurs de profession.

6° Sa force d'attention, constatée par les temps de réaction, par l'expérience du métronome, etc., est considérable.
