

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE
DE NANCY



POWERBALL & KINÉSITHÉRAPIE : Mariage possible ?

Rapport de travail écrit personnel
présenté par Maxime COTHENET
étudiant en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'État
de Masseur-kinésithérapeute
2007-2008

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION	1
2. HYPOTHÈSES D'EFFICACITÉ ET APPLICATIONS	2
3. MATÉRIEL ET MÉTHODE	3
3.1. Population.....	3
3.2. Matériel.....	4
3.3. Méthode et Protocole	6
3.3.1. Description de la réalisation des tests de force	6
3.3.2. Description de la réalisation du test de dextérité	7
3.3.3. Protocole	8
4. RÉSULTATS.....	10
4.1. Analyses descriptives	10
4.2. Analyse quantitative	12
4.3. Analyse qualitative.....	17
5. DISCUSSION	18
6. CONCLUSION	24

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'évaluer si la Powerball®, outil reposant sur le modèle gyroscopique, permet d'améliorer la force de préhension ainsi que la dextérité du membre supérieur.

L'étude faite sur soixante individus âgés en moyenne de 22 ans qui suivent un entraînement de dix minutes, répété chaque jour, pendant trois semaines, est concluante dans la mesure où un gain de force de préhension globale moyen de 3,6 kg est démontré. Nous n'avons pas pu déterminer l'augmentation ou la diminution d'agilité avec notre test.

Nous observons que les sujets avec antécédents traumatiques au membre supérieur dominant ont significativement une force supérieure à ceux qui n'ont pas d'antécédent.

La Powerball® est un outil engendrant contractures et courbatures musculaires, ainsi qu'une recrudescence des tendinopathies. De ce fait dans le cadre de la Masso-kinésithérapie nous suggérons d'en limiter son utilisation. Nous pensons que l'appareil peut avoir essentiellement un intérêt en neurologie périphérique et en traumatologie.

Mots clés : powerball, force de préhension

1. INTRODUCTION

Depuis les prémices de la rééducation jusqu'à nos jours, les techniques instrumentales mises en œuvre en vue de la récupération de la force de préhension de la main ont toujours été basées sur un renforcement à résistances fixes. En effet, une pâte à modeler comporte une viscosité propre, « une balle à écraser » a une densité qui est la sienne, celle-ci ne varie pas, une pince à doigts a des ressorts munis d'une résistance donnée.

En 1973 l'entreprise américaine Dynabee dépose le brevet original de la Powerball®. Un brevet plus récent a été posé par NSD Nanosecond et Ironpower. La Powerball® dans son concept, propose en un seul outil une résistance progressive par rapport à la force du sujet qui l'utilise. Nous nous proposons dans cette étude, de vérifier quelques uns des bénéfices engendrés par l'utilisation de cet outil. Bénéfices que vante le fabricant et que nous ne manquons pas de développer au préalable.

2. HYPOTHÈSES D'EFFICACITÉ ET APPLICATIONS

Voici les éléments principaux que vantent les commerciaux de ce produit :

- Augmentation de la force globale du membre supérieur dont la force de préhension,
- augmentation de la coordination gestuelle du membre supérieur,
- « l'outil est capable de réaliser une rééducation en douceur du membre supérieur endommagé (fractures du poignet, arthrite, syndrome du canal carpien, T.M.S., tendinite, coude du tennisman ou du golfeur, etc.) ».

Dans cette étude, nous nous proposons de vérifier les deux premiers éléments que prètent les fabricants à leur outil. C'est à dire l'observation d'un éventuel gain de force de préhension et d'une meilleure dextérité globale du membre supérieur. Nous nous attacherons également à suivre au fil des jours l'apparition éventuelle de douleurs engendrées par l'entraînement avec la Powerball®. À la date du 8 décembre 2007, la recherche bibliographique sur les moteurs de la Haute Autorité de Santé, de l'A.F.R.E.K., de l'éditeur Masson, de P.E.D.r.o., des E.M.C. et de Medline, avec les mots clé : « powerball » et « spinball », n'a rien donné.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Dans cette étude, nous proposons d'évaluer la force de préhension du pouce, le gain de la force de préhension globale de la main ainsi que la dextérité du membre supérieur, avant (jour zéro (J0)) et après l'entraînement avec la Powerball® sur vingt et un jours (J21), à raison de 10 minutes par jour, pour objectiver une amélioration ou non de chacun de ces paramètres.

3.1. Population

L'entraînement est proposé à un groupe de 60 sujets volontaires, choisis par appel parmi les étudiants en masso-kinésithérapie de l'I.F.M.K. de Nancy. Cette population comporte 36 femmes et 24 hommes considérés comme sains.

La moyenne d'âge est de 22 ans, pour des extrêmes allant de 36 et 19 ans. La taille varie de 1,50 à 2 m, avec une moyenne de 1,71 m. Le poids oscille entre 43 et 99 kg avec une moyenne de 64,05. Concernant la latéralité nous comptons 93,33 % de droitiers et 6,67 % de gauchers. Il y a une certaine homogénéité sur la quantité de sujets ayant des déficiences visuelles corrigées par appareillage (48,33 %) et la quantité de sujets sans déficiences visuelles (51,67 %). Ce caractère étant important pour la réalisation du test de dextérité.

3.2. Matériel

- Un échantillon d'une vingtaine de Powerball® identiques.
- Un dynamomètre de type JAMAR exprimé en Kg afin de mesurer la force de préhension globale.
- Un dynamomètre de type Pinchmètre exprimé en Lbs afin de mesurer la force de préhension du pouce.
- « le jeu de l'anneau et du fil de cuivre ». Il consiste, en un minimum de temps, à suivre le circuit défini par un fil de cuivre orienté dans l'espace de manière complexe, à l'aide d'un anneau muni d'une tige, sans que ce dernier ne rentre en contact avec le fil (Annexe I). Plus le temps de trajet est court et moins le nombre de touches est important, meilleur est le résultat.

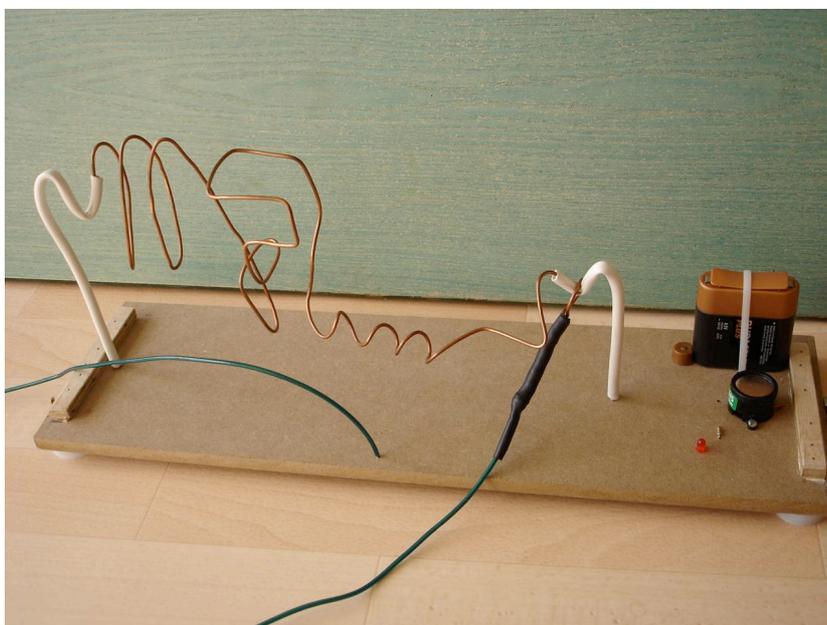


Figure 1 : « le jeu de l'anneau et du fil de cuivre »

- Un chronomètre afin de mesurer le temps de trajet.
- Une explication de la mise en marche de la Powerball®, une fiche de renseignements et un tableau de suivi, regroupés en un fascicule sont fournis à chaque individu participant à l'étude (Annexe II).
- Les paramètres statistiques utilisés afin de mettre en évidence au moins une différence de 3 kg avant et après l'entraînement sont les suivants :
 - Un risque α (alpha) = 5 %,
 - la puissance du test = 80 %,
 - le nombre de sujets nécessaires (n) = 58.

La Powerball® a été développée aux U.S.A., sous commande de la N.A.S.A., société recherchant un appareil d'entraînement destiné aux astronautes, afin que ces derniers conservent une certaine forme physique. Ne pouvant utiliser des poids en état d'apesanteur, il leur a fallu trouver un produit adéquat à ce milieu.

Définition de la Powerball® selon [Wikipédia](#) au 09/12/2007 : « La P.B. est un gyroscope de précision qui consiste en un rotor tournant à grande vitesse à l'intérieur d'une sphère tenue dans la main. Il s'agit à la fois d'un jouet, d'un instrument et d'un outil de rééducation. »

La définition avance que c'est un outil de rééducation. Or à l'heure actuelle, il n'existe aucun article publié démontrant l'efficacité de ce produit dans ce domaine.

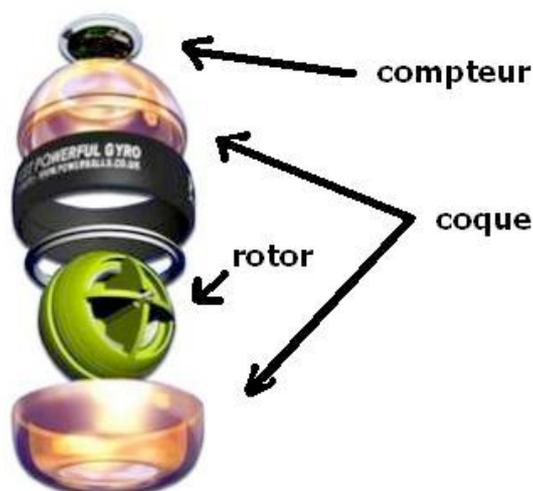


Figure 2 : éléments constitutifs d'une Powerball

Explication de l'utilisation de la Powerball® :

Après avoir mis en marche l'appareil, le sujet tient la sphère de manière à ce que cette dernière soit le plus en contact avec la surface palmaire de la main. Pour continuer à entretenir le mouvement gyroscopique du rotor, il est nécessaire de réaliser des « mouvements circulaires du poignet » d'abord de grande amplitude, amples à vitesse de rotation réduite, puis, pour accélérer la Powerball® et ainsi augmenter la résistance ressentie pour le maintien de l'outil, il suffit de réduire l'amplitude du poignet jusqu'à une vitesse de rotation plus élevée (Annexe III).

3.3. Méthode et Protocole

3.3.1. Description de la réalisation des tests de force

- Utilisation du dynamomètre type « Jamar »
- Utilisation du dynamomètre type « pinchmètre »

Pour chaque test : trois mesures sont effectuées et la valeur médiane sera la seule retenue pour les analyses statistiques.

3.3.2. Description de la réalisation du test de dextérité

Le sujet, avec l'utilisation d'un anneau métallique (relié à une tige), doit parcourir un fil de cuivre disposé en un trajet complexe. Il doit aller du point de départ au point d'arrivée sans toucher le fil de cuivre, dans le cas contraire, un signal sonore est émis pour permettre de dénombrer le nombre de « touches » effectuées.

Nous chronométrons le temps que le sujet met à réaliser le trajet. De plus, lors du trajet, nous comptons le nombre de touches.

Plus le trajet effectué est rapide et moins il y a de touches, meilleur est le résultat.

Le sujet effectue le trajet une première fois afin de se familiariser avec le test, puis la seconde fois sera la performance mesurée et retenue.

Afin d'être le plus reproductible possible quant à l'installation du sujet lors de la réalisation du test, nous lui indiquons la position suivante. L'individu est assis pieds à plat au sol, avec une flexion de genou à 90°, le membre supérieur dominant ne repose pas sur la table, l'autre est posé sur la cuisse, le tronc est droit et doit au mieux essayer de ne pas s'incliner durant la tâche.

3.3.3. Protocole

Le sexe, l'âge, la taille, le poids, la latéralité, les antécédents du membre supérieur dominant, les déficiences visuelles, la correction visuelle, le sport pratiqué (avec utilisation du membre supérieur), les loisirs (avec utilisation du membre supérieur) du sujet sont des variables étudiées. Celles-ci sont toutes binaires à l'exception de celles du sport pratiqué et des loisirs qui sont quaternaires.

Nous réalisons les tests d'évaluations de départ à J 0, d'abord les tests de force puis celui de la dextérité.

Nous apprenons aux sujets le geste pour l'utilisation de la Powerball®. La description donnée à ceux-ci correspond à celle décrite précédemment.

L'entraînement s'effectue du côté de la main dominante et sur une période de travail de vingt et un jours.

Une fois par jour à une heure régulière (au choix de l'individu) le sujet s'entraîne avec le programme suivant :

- 3 minutes de travail
- 4 minutes de repos
- 3 minutes de travail

La position de référence imposée aux différents sujets est debout, bras le long du corps (légèrement décollé) coude tendu, l'épaule et le coude devant bouger le moins possible.

Étant impossible d'ajuster une résistance fixe à la Powerball® celle-ci se fera en fonction du ressenti du sujet (il notera chaque jour ses performances en révolutions par minute (rpm)), avec pour consigne de sentir une résistance susceptible d'être tenue de manière régulière sur deux fois trois minutes (le programme d'entraînement).

Puis au fur et à mesure des jours, les sujets tentent d'augmenter la vitesse de rotation de la sphère. Ils doivent être le plus régulier possible en vitesse de rotation sur une séance d'entraînement.

Nous réalisons les tests d'évaluations finaux à J 21, d'abord les tests de force puis celui de la dextérité.

Les antécédents du membre supérieur étudié sont classés en fonction de la localisation de ceux-ci, épaule, coude, poignet et main, et du type tissulaire principalement traumatisé, à savoir, atteinte du système capsulo-ligamentaire, musculaire, osseux, nerveux et autre (catégorie associant l'atteinte importante de plusieurs systèmes, décrits précédemment). Pour exemple, une entorse de l'articulation trapézo-métacarpienne, se rangera dans la classe main et la classe atteinte capsulo-ligamentaire. Mais statistiquement, ils seront analysés de manière binaire entre présence d'antécédents traumatiques et absence d'antécédents.

Les variables sport et loisirs, de part le nombre insuffisant de sujets, sont statistiquement impossibles à traiter. Le fait d'effectuer des catégories de sports et de loisirs ne suffit même pas à donner des résultats exploitables. De ce fait nous nous en tiendrons à l'analyse de ces différentes variables de manière binaire (antécédents : oui ou non, sports pratiqués : oui ou non, loisirs pratiqués : oui ou non).

Les analyses statistiques porteront :

- sur une différence de force de préhension entre J0 et J21,
- entre la différence de force de préhension corrélée aux variables sexe, latéralité, antécédents, sports et loisirs,

- sur un différence d'agilité entre J0 et J21
- entre la différence d'agilité corrélée aux variables sexe, latéralité, antécédents, sports et loisirs,
- l'évolution du gain de force de préhension globale, et de celle du pouce en fonction de la moyenne de la vitesse de rotation par minute (rpm)

4. RÉSULTATS

4.1. Analyses descriptives

Tableau I : nombre de valeurs (n), moyenne, écart-type (e.t.) et pourcentage des différentes variables

Sexe	n	%
Femme	36	60%
Homme	24	40%
Total	60	
Age	n	Moyenne (e.t.)
Total	60	22,05 ans (3,24)
Taille	n	Moyenne (e.t.)
Total	60	1,71 m (0,1)
Poids	n	Moyenne (e.t.)
Total	60	64,05 kg (11,36)
Latéralité	n	%
Droitier	56	93,33%
Gaucher	4	6,67%
Total	60	

Antécédents aux membres supérieurs	n	%
Oui	16	26,67%
Non	44	73,33%
Total	60	
Localisation de l'antécédent	n	%
Epaule	4	25%
Coude	1	6,25%
Poignet	8	50%
Main	3	18,75%
Total	16	
Type d'antécédent	n	%
Capsulo-Ligamentaire	7	43,75%
Musculaire	0	0%
Osseux	9	56,25%
Nerveux	0	0%
Autre	0	0%
Total	16	
Sport	n	%
Oui	37	61,67%
Non	23	38,33%
Total	60	
Loisir	n	%
Oui	23	38,33%
Non	37	61,67%
Total	60	

Tableau II : moyenne des moyennes et des médianes des « pics de révolution » prises sur le suivi quotidien

PIC DE REVOLUTION EN Révolutions par minute (Rpm)		
Moyenne	n	Moyenne (e.t.)
Total	60	7232,15 (1329,54)
Médiane	n	Moyenne (e.t.)
Total	60	7321,75 (1361,08)

Tableau III : extrêmes, moyenne et médiane du nombre de jour d'entraînement

NOIMBRE DE JOURS D'ENTRAÎNEMENT			
Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum
19,83	21	21	10

4.2. Analyse quantitative

Tableau IV : moyenne et écart-type (e.t.) des tests de force de préhension globale et du pouce à J0 et J21, différences et valeur de p

		TESTS J0	TESTS J21	DIFFÉRENCE	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$
Force de préhension globale	n	Moyenne (e.t.)	Moyenne (e.t.)		
Total	60	37,8 (10,84)	41,37 (10,58)	3,567kg	< 0,0001
Préhension du pouce	n	Moyenne (e.t.)	Moyenne (e.t.)		
Total	60	17,69 (4,05)	18,59 (4,04)	0,9 Lbs	< 0,0001

Les différences entre les moyennes de J0 et J21, correspondant au gain moyen pour la force de préhension globale (3,567 kg) et au gain moyen de la force de préhension du pouce (0,9 Lbs) sont toutes les deux statistiquement significatives après la réalisation d'un test T de Student pour séries appariées.

Tableau V : moyennes, et différences significatives des variables sexe, latéralité, antécédents, sports, loisirs, vis-à-vis des forces de préhensions

		MOYENNE DE PRÉHENSION GLOBALE À J0	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$	MOYENNE DE PRÉHENSION GLOBALE À J21	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$
Sexe	Homme	47,4	< 0,0001	50,9	< 0,0001
	Femme	31,4		35,0	
Latéralité	Droite	38,3	0,1382	41,8	0,1215
	Gauche	31,5		34,8	
Antécédents	Oui	42,4	0,0016	45,7	0,0011
	Non	36,1		39,8	
Sport	Oui	38,8	0,5474	41,8	0,9956
	Non	36,3		40,8	
Loisirs	Oui	40,3	0,2193	44,3	0,1048
	Non	36,3		39,6	

		MOYENNE DE PRÉHENSION DU POUCE À J0	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$	MOYENNE DE PRÉHENSION DU POUCE À J21	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$
Sexe	Homme	21,3	< 0,0001	22,3	< 0,0001
	Femme	15,3		16,1	
Latéralité	Droite	17,7	0,676	18,7	0,4991
	Gauche	17,0		16,5	
Antécédents	Oui	18,7	0,0765	19,8	0,0385
	Non	17,3		18,1	
Sport	Oui	18,2	0,3822	19,0	0,5541
	Non	16,9		18,0	
Loisirs	Oui	16,9	0,1085	19,8	0,1075
	Non	18,2		17,9	

La différence des moyennes de force de préhension globale et la différence des moyennes de préhension du pouce entre les hommes et les femmes, à J0 et à J21, sont statistiquement significatives. Les hommes ont une force plus importante que celle des femmes.

La différence des moyennes de force de préhension globale, à J0 et à J21, entre les sujets ayant et n'ayant pas d'antécédents traumatiques de tous types qu'ils soient, est statistiquement

significative. Les sujets comportant des antécédents traumatiques ont une force de préhension globale plus importante que celle des sujets sans antécédents.

La différence des moyennes de force de préhension du pouce, à J21, entre les sujets ayant et n'ayant pas d'antécédents traumatiques de tous types, est statistiquement significative.

La différence des moyennes de force de préhension globale et la différence des moyennes de force de préhension du pouce, à J0 et à J21, entre les droitiers et les gauchers, entre les sujets ayant des loisirs et ceux n'ayant pas de loisirs, entre les sujets sportifs et non sportifs, ne sont statistiquement pas significatives.

La différence des moyennes de force de préhension du pouce, à J0, entre les sujets ayant et n'ayant pas d'antécédents traumatiques de tous types, n'est statistiquement pas significative.

Tableau VI : moyenne et écart-type (e.t.) des deux variables du test de dextérité à J0 et J21, différences et valeur de p

		TESTS JO	TESTS J21	DIFFÉRENCE	VALEUR de p, significatif si p ≤ 0,05
Touches	n	Moyenne (e.t.)	Moyenne (e.t.)		
Total	60	22,68 (8,03)	19,78 (6,81)	- 2,9 touches	< 0,0001
Temps	n	Moyenne (e.t.)	Moyenne (e.t.)		
Total	60	41,92 (13,81)	43,97 (15,44)	+ 2,05 s	0,1434

La différence entre les moyennes de J0 et J21, correspondant aux touches est statistiquement significative (-2,9 touches) et la différence entre les moyennes de J0 et J21,

correspondant au temps est statistiquement non significative, après la réalisation d'un test T de Student pour séries appariées.

Tableau VII : moyennes, et différences significatives des variables sexe, latéralité, antécédents, sports, loisirs, vis-à-vis des différences de touches et des différences de temps

		MOYENNE DE DIFFÉRENCE DE TOUCHES	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$	MOYENNE DE DIFFÉRENCE DE TEMPS	VALEUR de p, significatif si $p \leq 0,05$
Sexe	Homme	-1,2	0,0365	1,7	0,8047
	Femme	-4,5		2,3	
Latéralité	Droite	-2,7	0,2995	2,0	0,9788
	Gauche	-5,7		2,2	
Antécédents	Oui	-4,5	0,1052	5,0	0,2011
	Non	-2,3		1,0	
Sport	Oui	-2,2	0,1514	1,2	0,4714
	Non	-4,0		3,4	
Loisirs	Oui	-3,8	0,1185	2,9	0,6206
	Non	-2,3		1,5	

La différence de moyenne de différence de touches entre les hommes et les femmes est statistiquement significative. Les femmes révèlent faire moins de touches que les hommes.

Les différences de moyennes de différence de touches et de différence de temps vis-à-vis des variables sexe, latéralité, antécédents, sport, loisirs (hormis ce qui est cité précédemment), ne sont pas statistiquement significatives.

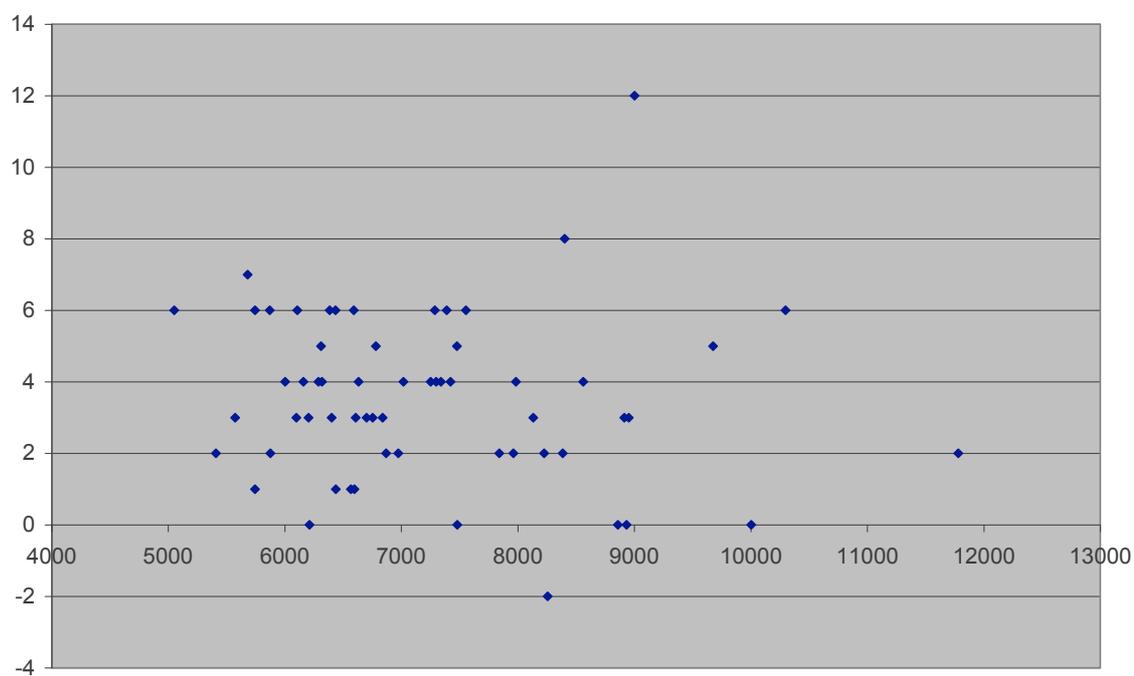


Figure 3 : graphique représentant le gain de force de préhension globale (kg) en fonction de la moyenne de la vitesse de rotation par minute (rpm)

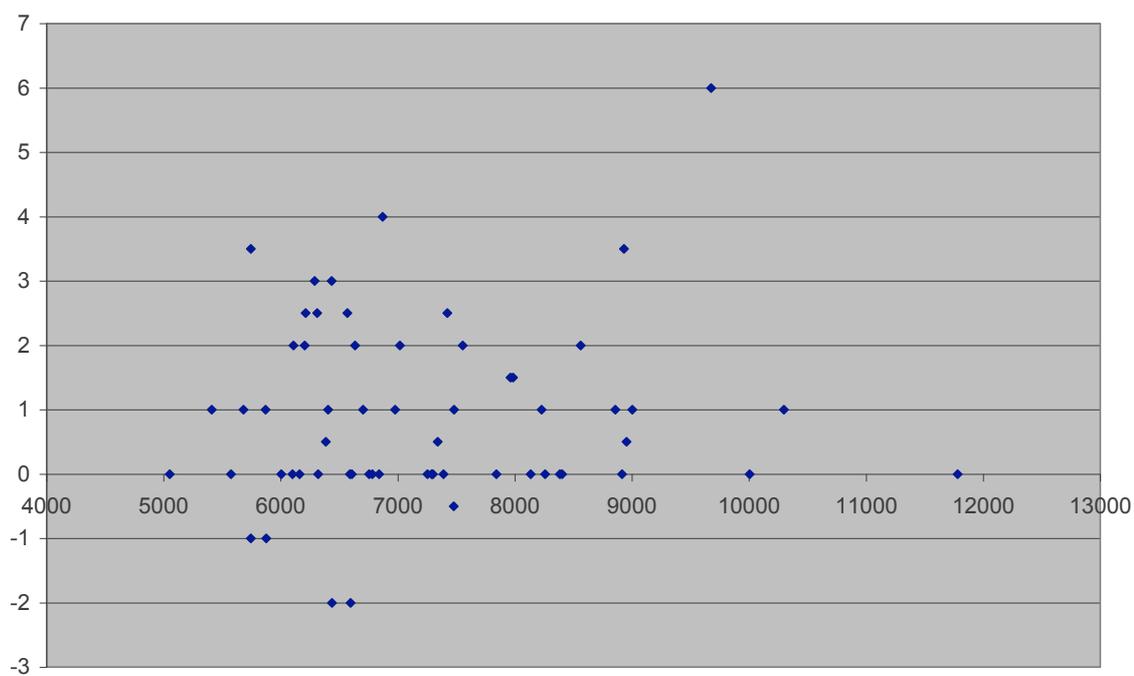


Figure 4 : graphique représentant le gain de force de préhension du pouce (lbs) en fonction de la moyenne de la vitesse de rotation par minute (rpm)

4.3. Analyse qualitative

Nous présentons dans ce paragraphe les annotations rapportées par les différents sujets de l'expérience au cours de leur entraînement : « ampoule au niveau du bord interne de P3 du 5^{ème} doigt », « crampe extenseur des doigts, poignet et avant-bras douloureux », « douleur au pouce », « très douloureux », « ampoule », « difficulté à écrire après l'entraînement », « douleur aux muscles hypothénariens », « douleur biceps et épaule », « douleur au bras », « douleur épaule importante » (5 à l'Échelle visuelle analogique).

En résumé, 5 personnes ont eu des phlyctènes au niveau d'un doigt, 2 personnes ayant des antécédents traumatiques à la racine du membre supérieur ont eu des douleurs d'épaule importantes, et 7 personnes ont eu des douleurs diverses, principalement aux muscles de l'avant-bras.

5. DISCUSSION

À la vue des résultats, de multiples pistes d'explication et de réflexion s'offrent à nous.

Pour commencer, l'étude a été menée avec succès par rapport aux objectifs de départ, toutes les données recueillies ont été utilisées et sont en adéquation avec les exigences statistiques.

L'échantillon est homogène sur le métier, sur l'âge et la répartition homme, femme. En revanche, il comporte d'avantage de droitiers, de personnes sans antécédents et pratiquant une activité (sport et loisirs).

Ensuite, de l'analyse quantitative, ressort une réponse sur les hypothèses proposées de départ. L'utilisation de la Powerball® à la manière de celle proposée dans le protocole, en respectant en particulier les temps d'utilisations et les temps de repos, permet d'augmenter la force de préhension globale et de celle du pouce. Ceci est vrai pour un échantillon de 60 individus et suivant une loi normale cette vérité peut s'étendre à l'ensemble de la population avec un risque $\alpha = 5\%$ et une puissance de test à 80%. Mais nous émettons des réserves quant à la généralisation de l'utilisation de cet outil, elle ne doit pas être banalisée. Rappelons que ces sujets sont jeunes, et sans pathologie avérée, la grande majorité pratique une activité. De plus, tous ces individus sont des travailleurs manuels ! Ils utilisent leur corps et d'avantage leurs mains, quotidiennement. Des étudiants Masseurs-kinésithérapeutes ne « délaissent » pas la qualité de leurs mains, car celles-ci deviendront leurs outils de travail. Et pourtant, son utilisation a généré des phlyctènes, et ce à plusieurs individus. Ceci peut s'expliquer par une prise inadaptée de l'outil, par une sensibilité superficielle atténuée, ou

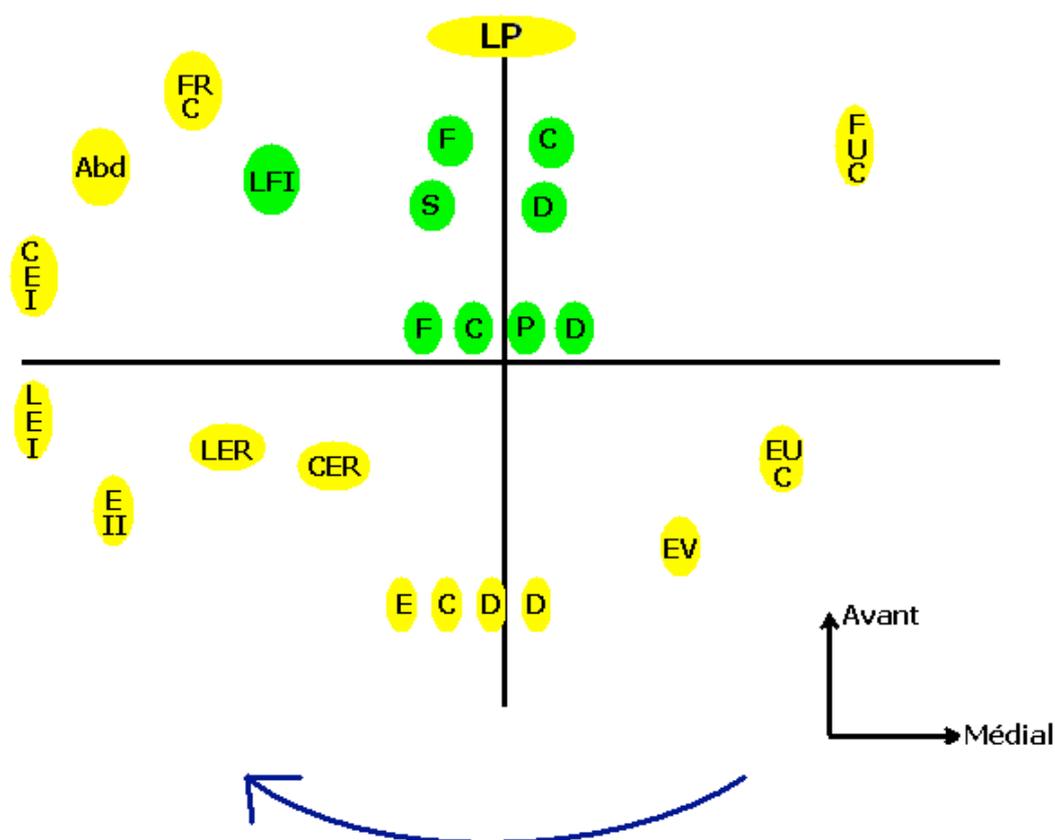
bien une résistance à la douleur conséquente. D'où la proposition aux fabricants de développer le confort de prise de la Powerball®, avec des tailles de sphère différentes adaptées à la taille de la main, et un revêtement plus élaboré, constitué par exemple de mousse tendre à mémoire de forme. De plus l'accent sur l'éducation du sujet au maintien de la sphère doit être approfondie. Par ailleurs des douleurs importantes sur des épaules avec antécédents de tendinopathies ont été ressenties par deux sujets. Nous mettons en garde quant à la pratique de la Powerball® dans le cas de tendinopathies.

L'ajout de ce qui suit n'est pas exprimable quantitativement, mais l'appropriation de l'outil n'est pas chose facile. Il faut un certain temps pour que la corticalisation du geste nécessaire à l'utilisation de la Powerball® se fasse. Nous pensons que les étudiants Masseurs-kinésithérapeutes sont avantagés en ce domaine de par les exigences de la profession.

Des douleurs de type brûlures musculaires ont été constatées chez bon nombre d'individus. Ces derniers disent ressentir des courbatures, des contractures surtout localisées aux muscles de l'avant bras. Nous pensons qu'elles sont dues au type de travail musculaire demandé par la Powerball®. Nous tentons de les expliquer en développant les exigences de l'outil vis-à-vis du corps. Ceci, n'est qu'une simple proposition logique.

La Powerball® repose sur le principe gyroscopique (Annexe V), ce qui revient pour l'utilisateur à vaincre les forces centrifuges ressenties à l'extrémité du membre supérieur. À chaque rotation du rotor et par conséquent à chaque changement de la direction du vecteur force centrifuge, le sujet doit engendrer une contraction musculaire contrant ce vecteur résistant. Sans cela la sphère s'échapperait de sa main. La vitesse de rotation du rotor

exprimée en révolutions par minute peut être rapportée en Hertz (nombre de rotation par seconde). Si nous suivons le principe d'action réaction, c'est-à-dire qu'à un vecteur force résistant s'oppose un vecteur force moteur, la fréquence du rotor se superpose à la fréquence de contractions musculaires. À une vitesse de 6000 rotations par minute, cela nous donne une fréquence de 100 Hz, d'où 100 contractions musculaires par seconde. Ceci n'intéressant pas qu'un seul muscle, mais l'ensemble des muscles de l'avant bras stabilisateurs du poignet. Rapporté au nombre de muscles assurant cette fonction, nous avons une contraction approximative de chacun de 10 fois par seconde. Le mouvement de « rotation circulaire du poignet » imposé par l'appareil, engendre des contractions successives respectant un sens horaire ou antihoraire (selon le sens choisi du sujet), suivant cette modélisation.



LP) Long Palmaire FUC) Fléchisseur ulnaire du carpe EUC) Extenseur ulnaire du carpe
EV) Extenseur du V ECDD) Extenseur commun des doigts
CER) Court extenseur radial du carpe LER) Long extenseur radial du carpe
EII) Extenseur du II LEI) Long extenseur du I CEI) Court extenseur du I
Abd) Long abducteur du I FRC) Fléchisseur radial du carpe LFI) Long fléchisseur du
IFCPD) Fléchisseur profond des doigts FCSD) Fléchisseur superficiel des doigts

Figure 5 : schéma d'une coupe horizontale passant par le 1/5 inférieur de l'avant-bras (3)

Les points verts représentent les tendons des muscles à composante de travail musculaire statique constant. Les points jaunes représentent les tendons des muscles, éloignés de l'axe de rotation, soumis à des tensions provoquées par des contractions successives, selon le sens de la flèche, depuis le Long Palmaire, jusqu'au Fléchisseur Radial du Carpe, passant par tous les muscles intermédiaires.

Ainsi ce mode de travail, ne permet pas à cette vitesse, d'avoir un relâchement musculaire, donc une phase de repos. D'où l'idée qu'à une vitesse de rotation par minute élevée, pour commencer à assurer le travail, le muscle épuise déjà ses ressources d'ATP (filière anaérobie alactique, valable 10 secondes par rapport au début d'exercice), puis l'effort se poursuivant dans le temps, il est nécessaire de passer à une filière de transformation de glucose en ATP (anaérobie lactique, valable du début à 2 à 3 minutes d'exercice), puis enfin la filière aérobie (1). Mais le passage à la dernière filière est impossible, du fait de la durée de l'exercice, limité à deux sessions de 3 min. Le travail demandé suit la filière anaérobie alactique, sollicitant en particulier les fibres de type II, fibres développant beaucoup de forces mais vite fatigables (6). Le muscle n'ayant pas le temps de se relâcher, n'est pas perfusé, ainsi les toxines ne sont pas évacuées par la circulation. Ce qui semble être la raison de ces douleurs musculaires, par

ischémie de la structure contractile, engendrant courbatures (par manque de drainage) et contractures (phénomène d'ischémie par manque de nutriments) (5).

À partir de cette constatation, nous proposons un travail de récupération en vue d'élimination des toxines accumulées pendant l'exercice. En utilisant soit un travail, à mouvements très lents avec la Powerball®, avec une faible résistance, avec le minimum de rpm nécessaire au maintien de la mise en marche de l'outil, soit un série d'étirements de type passif (2) sur les muscles péri articulaires du poignet, ainsi que les fléchisseurs communs superficiels et profonds des doigts.

Continuant l'analyse quantitative et chose inattendue, les sujets avec antécédents traumatiques ont une force de préhension globale plus importante que les sujets sans antécédent. Il est possible que ceci s'explique par le fait que les sujets aient bénéficié de rééducation.

Nous n'avons pas d'explication, en ce qui concerne la force de préhension du pouce. Elle est supérieure de manière significative à J21 mais pas à J0 pour les sujets sans antécédent traumatique.

Voyons maintenant les résultats des tests de dextérité. Il en ressort uniquement que les femmes réalisent moins de touches que les hommes...Mais cela sans la notion de temps. Les résultats sont mathématiquement des plus justes, mais cliniquement faux et non exploitables. En effet dans le test que nous proposons, il nous faut mesurer les deux variables, touches et temps. L'une étant dépendante de l'autre, il nous est cliniquement impossible de les analyser séparément. Nous avons eu l'idée de créer un score avec ces deux variables afin

d'objectiver un gain ou une récession, avec la formule suivante (temps en seconde) / (nombres de touches + 1), il s'est avéré inexploitable.

D'autres techniques de calcul statistique plus complexes, non présentées, ont été abordées par la statisticienne, en vain.

Donc il nous manque, soit le moyen de calculer un indice plausible vis-à-vis du test, soit ce dernier est tout simplement inapproprié pour évaluer la dextérité dans ces conditions.

Après mûres réflexions nous pensons qu'il aurait été plus intéressant de fixer un temps limite à respecter et ainsi de ne s'occuper que du nombre de touches.

Quant à l'interprétation du tableau du gain en fonction du nombre moyen de révolutions par minute, nous observons que la quasi-totalité des individus ont gagné en préhension globale et du pouce. La fréquence minimale pour un gain est 5050 rpm. À partir de cette constatation nous pouvons en déduire deux hypothèses par rapport au gain de force.

Soit c'est à partir d'un seuil minimum de fréquence de rotation du rotor que nous gagnons de la force, soit c'est avec la simple utilisation de la Powerball®, en tant qu'activité supplémentaire quotidienne, que nous gagnons de la force.

Pour finir nous détaillons les biais de notre étude.

Tout d'abord les conditions de mesures ont été suivies avec les limites imposées par l'étude, cependant la salle de réalisation des tests n'était pas toujours la même et l'éclairage changeait selon l'heure de passage des sujets, le jour, la lumière extérieure opérait, la nuit, celle de l'électricité. L'état de fatigue des sujets était différent selon les activités de la veille, et selon l'heure de la journée.

Mais le plus important des biais est celui de l'observance au traitement. Les informations fournies par les sujets quant à leur assiduité à l'entraînement ne reposent que sur leur bonne foi à l'avoir effectué quotidiennement. Parmi les résultats nous avons ceux qui n'ont pas réalisé tout l'entraînement et ceux qui ont inscrit des séances d'entraînement sans pour autant les avoir faites. Une étude sur le thème de l'observance d'un programme d'exercices physiques en cas de lombalgie commune révèle un taux d'observance de 64,4 % (4). Nous supposons un taux d'observance à peu près similaire pour notre étude.

6. CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude est atteint, la Powerball® est un outil permettant d'augmenter la force de préhension de la main chez les sujets sains. Les avantages sont nombreux : la Powerball® permet un renforcement global de la force de préhension, la résistance est progressive, donc adaptable au sujet, avec une consigne d'utilisation à vitesse maximale, nous nous approchons d'un travail basé sur la R.M. (résistance maximale), elle propose un travail par irradiation disto-proximale, l'activité est ludique, favorisant la performance. Les inconvénients sont aussi nombreux : son utilisation nécessite une bonne compréhension par le sujet, l'apprentissage n'est pas aisé. Elle requiert l'absence de trouble du schéma moteur, ne permet pas le renforcement analytique, favorise l'apparition de contractures et courbatures par phénomène d'ischémie musculaire et risque d'augmenter les douleurs d'origine tendinopathique.

Les indications d'utilisation de la Powerball® en Masso-kinésithérapie doivent être prudentes en raison des inconvénients. En traumatologie, nous pensons qu'elle peut avoir son intérêt à partir de la cicatrisation ou de la consolidation acquise avec de bonnes amplitudes articulaires, après luxations ou fractures de coudes (en vue de la récupération de la force de préhension, mais aussi de la stabilisation musculaire dans le plan frontal, par sollicitation des épicondyliens médiaux et latéraux), après fracture des deux os de l'avant-bras, après ruptures tendineuses, etc. En rhumatologie, surtout en présence de phénomènes inflammatoires, elle nous semble à bannir. En neurologie centrale, l'utilisation de l'outil chez les individus porteurs d'infirmités motrices cérébrales légères en vue d'améliorer le schéma moteur, nous paraît envisageable. En neurologie périphérique, dès qu'il y a un début de contraction du muscle en cours de réinnervation, il est intéressant de le solliciter, le travail global par irradiation proposé par la Powerball® en est un intérêt éventuel d'utilisation. En cardiologie, le travail musculaire n'étant pas de type endurant, nous pensons qu'elle n'a pas sa place pour le réentraînement à l'effort.

Ce travail sur la Powerball® pourrait être poursuivi en recherchant comment objectiver le gain éventuel de dextérité. Il serait également intéressant de comparer le gain de force obtenu par son utilisation par rapport à d'autres techniques ou instruments.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) DEE UNGLAUB SILVERTHORN ; Physiologie Humaine, une approche intégrée– 4^{ème} éd. Pearson Education France, 2007. – 936 p.
- (2) CHRISTOPHE BENOIST ; Stretching pour le sportif, souplesse étirement – 1^{ère} éd. @mphora tous les sports, 2002. – 191 p.
- (3) FRANK H. NETTER, M.D. ; Atlas d’anatomie humaine – 3^{ème} éd. Masson, 2005. – 542 p.
- (4) [GENET F.](#), [POIRAUDEAUS.](#), [REVEL M.](#) ; Étude de l’efficacité et de l’observance à un an d’un programme court de rééducation assorti d’un autoprogramme dans la lombalgie chronique.
[ANN.READAPT.MED.PHYS.](#) (Revue).
2002, vol. 45, n° 6. - 265-272
- (5) SHERWOOD L. ; Physiologie Humaine. – 2^{ème} éd. De Boeck Université, 2000. – 674 p.
- (6) WILLIAM F. GANONG ; Physiologie Médicale. – 19^{ème} éd. De Boeck Université, 1999. – 828 p.

POUR EN SAVOIR PLUS :

<http://www.powerballs.com/fr/>

<http://www.gyrotek.net/>

<http://fr.wikipedia.org/>

ANNEXES

ANNEXE I : « le jeu de l'anneau et du fil de cuivre » Fabrication artisanale.

Caractéristiques techniques de l'appareil :

Le matériel :

- un plateau en bois de 150 x 500 x 10 (largeur x longueur x épaisseur)
- 4 bouchons en plastique servant de pieds au plateau
- 1 fil de cuivre assez rigide, type fil électrique, long de 1500 mm, et Ø 1,5 mm
- 1 led électroluminescente (ici rouge)
- 1 buzzer
- 1 pile 4,5 volts
- 1 résistance
- 2 tuyaux souples Ø 3 mm afin de servir de gaine isolante pour couper le circuit
- 1 fil électrique souple long de 1000 mm
- et une bonne dose de patience...

L'assemblage :

Nous ne détaillons pas le montage électrique réalisé celui-ci étant très basique, ainsi que le calcul de résistance du circuit.

Le fil de cuivre rigide est modelé selon les photos ci jointes. Le trajet est réalisé de manière à ce que le sujet ai la chance de fermé le circuit électrique et ainsi de réaliser des touches. Un circuit trop facile ne nous permet pas de mettre en évidence une différence entre le test à J0 et à J21, ce pourquoi il est particulièrement difficile à réaliser en un minimum de touches.

Après avoir modelé le fil de cuivre, celui-ci est fixé au plateau sur les 2 mâts.

Le mât de départ est haut de 150 mm et celui de l'arrivée haut de 110 mm, tous 2 écartés de 400 mm.

Le buzzer et la led sont montés en parallèle et fixés sur le plateau, leurs bornes traversant ce dernier.

L'ensemble du circuit électrique se trouve sous le plateau.

Le fil électrique souple est muni à son extrémité d'une tige (longue de 60 mm) comportant au bout un anneau Ø 21 mm.

Lorsque nous fermons le circuit les signaux visuel et sonore sont en activité et nous permettent ainsi de compter le nombre de touches que le sujet commet.

Nous réalisons un coffrage pour le transport (haut de 20 mm) de l'appareil afin de ne pas avoir de risques d'altération du circuit et de ce fait aura une bonne reproductibilité de la mesure.

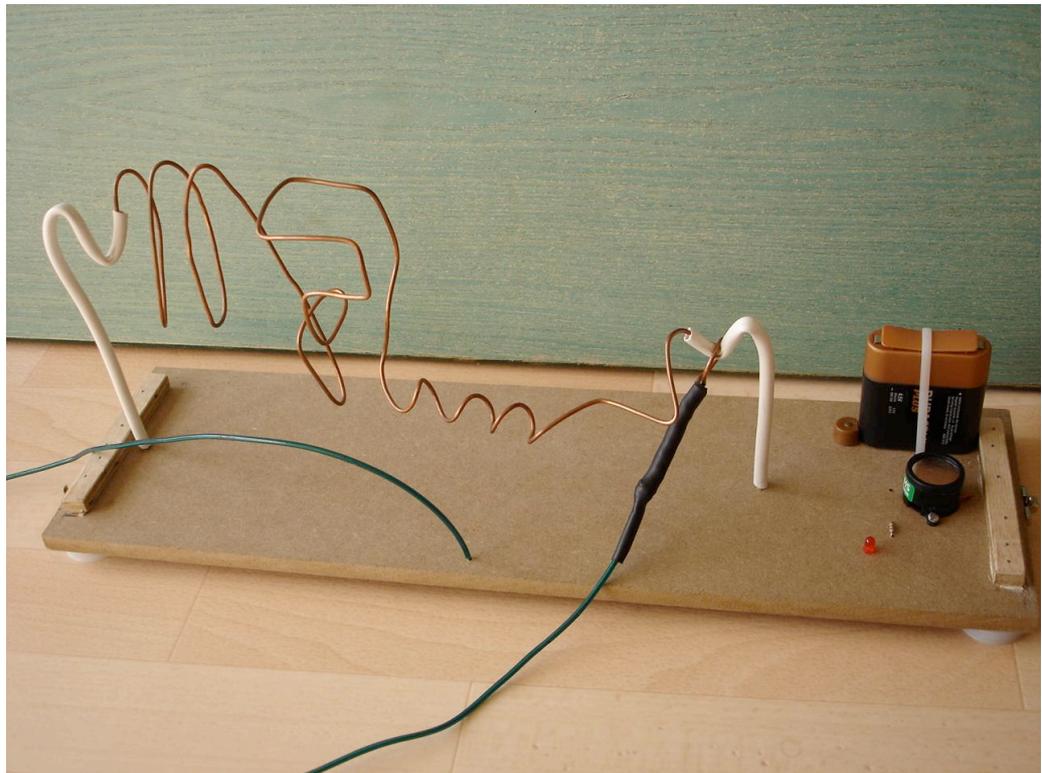


Figure 6 : « le jeu de l'anneau et du fil de cuivre »

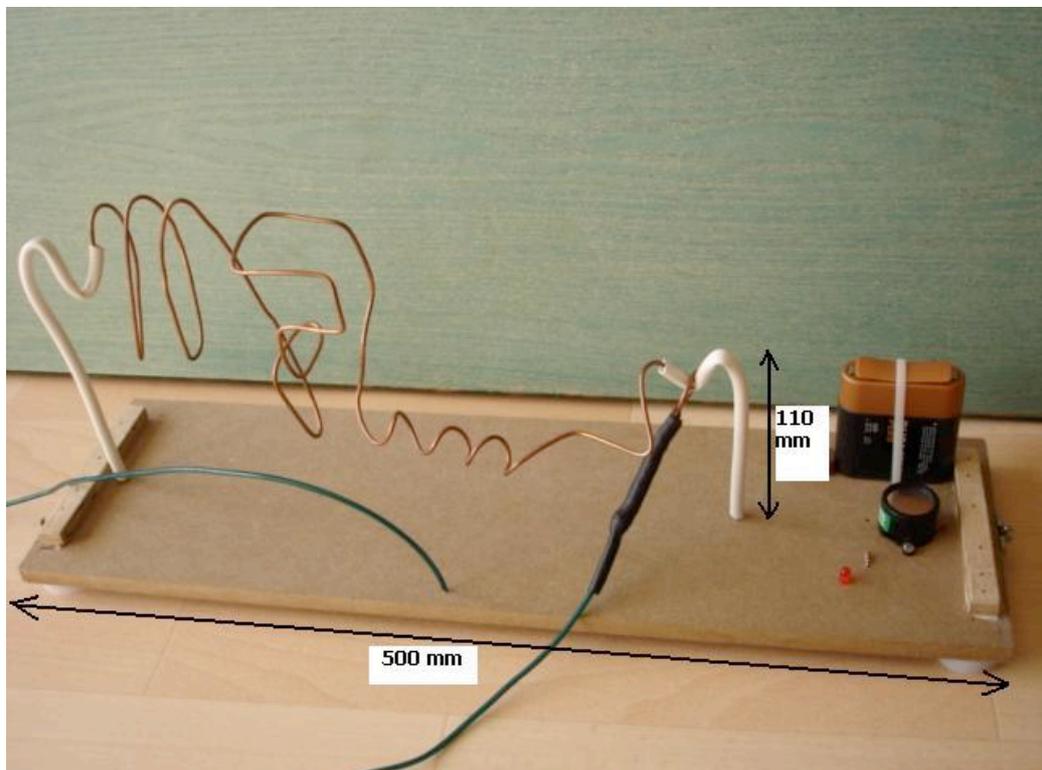


Figure 7 : cote de l'appareil

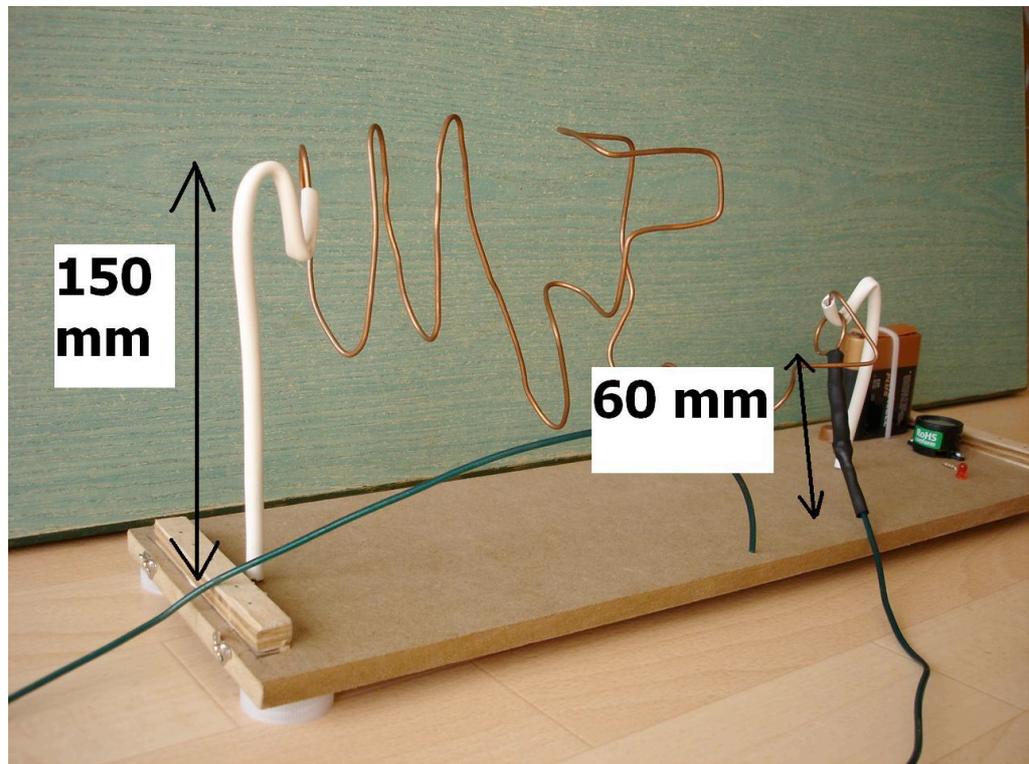


Figure 8 : cote de l'appareil bis

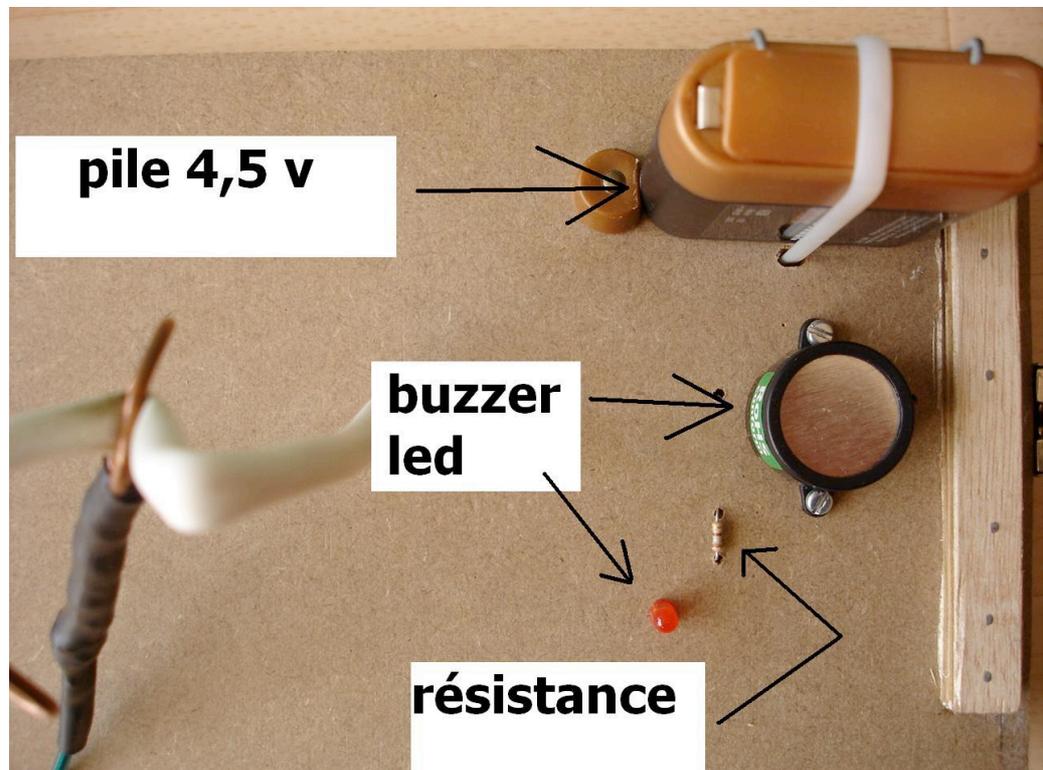


Figure 9 : cote de l'appareil ter

ANNEXE II : Fascicule donné au sujet permettant le suivi.

Protocole d'entraînement : Powerball 250 Hz

- 1 fois par jour, si possible à heure régulière.
- Position debout, bras le long du corps (légèrement décollé) coude tendu.
- L'épaule et le coude doivent bouger le moins possible.
- Nécessite 10 minutes de travail, en utilisant le programme suivant :
 - 3 minutes de travail
 - 4 minutes de repos
 - 3 minutes de travail
- Notez sur la feuille en annexe vos performances du jour.
- Comment utiliser le matériel :

La powerball (PB) comporte 1 compteur qu'il vous faut allumer avant de commencer à vous entraîner avec (appuyez sur « on/clr », puis l'appareil comportant plusieurs paramètres, appuyez sur « fcn » jusqu'à ce que ce signe apparaisse : )

Insérez l'extrémité du fil rouge fourni avec la sphère, à l'intérieur du trou situé dans la rainure, à la face opposée au compteur. Enroulez le fil le long de la rainure. Puis saisissez l'extrémité du fil, placez la PB face ouverte vers le haut puis tirez le fil vers le bas d'un coup franc et continu (assurez vous que la PB est allumée).

Pour lancer la powerball, souvenez vous qu'au départ les mouvements de poignet sont amples (en réalisant des cercles de grand diamètre) et lents, puis pour gagner de la vitesse et donc de la résistance, diminuez le diamètre de vos cercles, puis augmentez la vitesse de rotation.
- Au fur et à mesure des jours, essayez d'augmenter la vitesse de rotation de la sphère.
- Soyez le plus régulier possible en vitesse de rotation sur une séance d'entraînement.

Fiche de renseignements

Nom :
 Prénom :
 Sexe :
 Age :
 Taille :
 Poids :
 Latéralité :
 Antécédents aux Membres Supérieurs : (fractures, entorses, déchirures musculaires, chirurgie, etc.)

Déficiences visuelles ? oui / non
 Correction ? oui / non
 Sport(s) pratiqué(s) ? (avec utilisation du membre supérieur)

Loisirs ? (avec utilisation du membre supérieur)

Activité professionnelle ? (avec utilisation du membre supérieur)

Réponses aux tests

		J 0	J +21
Force de préhension (Jamar)			
Dextérité : Test Fil de cuivre et anneau	Nombre de touches		
	Temps effectué		
Force de préhension du Pouce (Pinchmètre)			

Fiche de Suivi

Jours	Respect de la durée du temps de travail. oui/non (si non, inscrire dans la case le temps effectué)	Nombres de RPM « pic » (révolutions par minutes)	Heure d'entraînement	Remarques (facultatif)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				

Fin de l'entraînement

Pour information :

Je vous remercie d'avance d'accepter de bien vouloir participer à mon étude « sur l'efficacité de la powerball », et de me permettre de réaliser mon mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'état de Masseur-Kinésithérapeute.

Cette étude a pour objectifs, de mesurer l'évolution de votre force de préhension (coté dominant, celui avec lequel vous écrivez, ou l'opposé si vous êtes droitier contrarié) et de plus, nous nous intéresserons à l'éventuelle amélioration de votre dextérité manuelle (habilité de votre poignet et main).

Avec tous mes remerciements.

Maxime COTHENET

ANNEXE III : fiche d'utilisation du fabricant

POWERBALL

PB-188C

LE GYROSCOPE DE POCHE LE PLUS PUISSANT AU MONDE !

Félicitations !

Vous venez de choisir l'un des instruments les plus finement équilibrés au monde. Votre nouveau Powerball est en effet un gyroscope de précision. Il a été soigneusement élaboré à l'aide de matériaux de haute qualité et finement équilibré grâce aux technologies de pointes dans le domaine informatique, cela afin de garantir une vibration nulle pour des vitesses allant jusque 15 000 rpm (250 tours/sec).

Comme tout produit finement réglé, certaines procédures se doivent d'être suivies afin de vous assurer d'un maximum de plaisir à l'utilisation du Powerball. Ainsi, nous vous recommandons de lire attentivement ces instructions :

Comment faire démarrer votre Powerball

Le mettre en marche est assez simple mais peut cependant demander un minimum d'exercice afin de parfaire votre technique. Nous vous conseillons de procéder comme suit :

1ère étape Insérez l'extrémité de la corde dans le trou du rotor. (fig.1) Faites avancer le rotor avec votre pouce en maintenant la tension sur la corde afin que lorsqu'elle s'enroule, il n'y ait pas de jeu dans la rainure du rotor (fig.2).

2ème étape Lorsqu'il ne reste plus que 6-7 cm de corde, arrêtez d'enrouler et tenez le Powerball avec le compteur digital dans la paume de la main avec laquelle vous allez l'utiliser. A cette étape, la partie exposée du rotor fera face au plafond (fig.3).

3ème étape Tenez la corde et tirez la fort, rapidement en la dirigeant vers le bas (allez-y franchement, n'hésitez pas!). Si vous avez fait cela correctement le rotor doit être en train de tourner entre 2400 et 3000 rpm (40 et 50 tr/s).

4ème étape Retournez immédiatement votre main (afin que la partie exposée du rotor soit à présent face au sol) et commencez à faire tourner votre poignet (pas votre bras !) dans un mouvement circulaire lent comme si vous étiez en train de remuer une cuillère dans un grand pot. Il est important de saisir que le geste correct ne requiert aucun mouvement de votre bras mais simplement du poignet.

5ème étape Le secret pour démarrer facilement la balle est de commencer lentement. En effet, après avoir donné une bonne impulsion à la corde, commencez vos mouvements du poignet en douceur avec des tours larges (d'un diamètre d'environ 15 cm – et d'un tour par seconde). Ne commencez pas avec des mouvements courts et rapides du poignet car vous allez être en décalage avec le mouvement lent du rotor, et il vous sera plus difficile d'en faire augmenter la vitesse. (dans ce cas, vous entendrez le rotor frapper la sphère, indiquant qu'il lutte pour prendre de l'élan !).

6ème étape Lorsque vous commencerez à augmenter la vitesse du rotor, vous allez sentir que la pression s'exerçant sur vos poignet et bras va s'accroître proportionnellement aux forces gyroscopiques à l'intérieur du Powerball. Continuez en réduisant graduellement le diamètre de vos cercles (entre 8 et 10 cm) et en imprégnant une vitesse plus élevée (3 à 4 tours par seconde). Plus les mouvements de poignet seront petits, plus la vitesse du rotor sera importante et donc plus la force sera impressionnante!

fig. 1



fig. 2



fig. 3



fig. 4



Pour d'atteindre des hautes vitesses de révolutions (12 000rpm), tout est question d'entraînement, tout cela n'est pas particulièrement difficile d'autant que le Powerball vous rendra complètement accro et vous n'aurez certainement pas envie de le poser tant que n'aurez pas une technique parfaite. Après une très courte période d'utilisation, vous allez ressentir des progrès significatifs dans la puissance de vos poignet et bras tandis que vous verrez défiler vos scores – le secret pour réaliser un score de 13 000 RPM est de suivre un rayon de rotation d'environ 1 cm sans aucune rupture dans le mouvement – le bras et le poignet semblent être presque immobiles et pourtant les tendons de votre poignet travaillent comme jamais !

Caractéristiques et fonctions du Powerball

Votre nouveau Powerball est un produit de précision parfaitement équilibré et peut tourner jusqu'à la vitesse incroyable de 15000 révolutions par minute!

Le modèle PB-188C intègre en série un compteur digital unique qui peut vous permettre d'observer vos progrès en puissance et en force corporelle quotidiennement.

Le compteur de révolutions dispose de 3 fonctions :

1. Mode Vitesse instantanée

Pressez le bouton 'FCN' jusqu'à faire apparaître le symbole  sur le cadran d'affichage. Le compteur vous donnera alors en temps réel la mesure de la vitesse instantanée du rotor en RPM (révolutions par minute)

2. Mode Record

Pressez le bouton 'FCN' jusqu'à faire apparaître le symbole  sur le cadran d'affichage. Ce réglage fera que le compteur affichera uniquement le plus haut score atteint en RPM - Ce score qui restera en mémoire sauf si vous le dépassez durant une tentative ou si vous pressez le bouton ON/CLR pour le remettre à zéro.

3. Mode endurance / force physique

Pressez le bouton 'FCN' jusqu'à faire apparaître le symbole  sur le cadran d'affichage. Ce réglage permettra au compteur d'enregistrer le nombre total de révolutions réalisées par le rotor durant une période 30 secondes après que le bouton ON/CLR ait été pressé. C'est un excellent test de votre force car vous devez maintenir le rotor à la plus haute vitesse de rotation pendant une période de 30 s. pour réaliser le meilleur score.

(Un score de 5000 ou plus dans le Mode 'Endurance/Force Physique' est quasiment mythique - Et croyez-nous quand nous vous disons que votre bras sera prêt à tomber après ça !)

Utilisation du Powerball comme instrument d'exercice

Le Powerball est un instrument d'exercice extrêmement fiable. Grâce à ses fonctions uniques, il peut être utilisé par les athlètes et les amateurs de sports, quelque soit leur niveau de forme, sans causer de douleur musculaire ni d'inconfort.

Cependant, comme avec toute forme d'exercice, vous ne devriez jamais tenter de vous exercer abusivement et vous devriez consulter un médecin si vous avez un doute sur votre niveau de forme personnel. Le Powerball est un outil sérieux avec lequel on peut développer une puissance énorme dans les bras, les poignets et les doigts. C'est une excellente nouvelle pour vous si vous pratiquez l'un des sports suivants :

Golf, Tennis, Baseball, Boxe, Freesbee, Escrime, Tir à l'arc, Moto Cross, Tir, Badminton, Ping-pong, Hockey, Karaté, Handball, Bowling, VTT...et toute autre activité demandant une puissance accrue dans les bras et les poignets.

L'utiliser pendant seulement 5 minutes par jour vous garantira de la distance supplémentaire au golf, plus de puissance dans votre service au tennis, une dextérité extraordinaire dans votre jeu de guitare, pour ne citer que quelques aspects !

*Le Powerball génère une résistance qui est directement proportionnelle à l'effort appliqué par l'utilisateur**

Ce qui signifie que lorsqu'il est utilisé à faible vitesse, il peut également être un instrument très efficace pour apaiser et soulager des douleurs dans les bras, ou aider à réduire une inflammation causée par l'arthrite, le Syndrome du Canal Carpien, les Troubles Musculo-Squelettiques ou une tendinite.

Précautions Générales

***Les personnes ayant des conditions cardiaques anormales ne doivent pas utiliser ce produit**

***Le Powerball ne doit être utilisé seulement que par des personnes ayant au moins 14 ans.**

***Évitez de toucher le rotor si il tourne à très haute vitesse - cela peut brûler !**

***Ne lâchez pas la balle d'une hauteur car cela pourrait dérégler l'équilibre parfait du rotor.**

***S'il vous plaît, maintenez la partie intérieure de la balle éloignée de toute contamination par de l'eau ou de l'huile**

Votre nouveau Powerball a été construit à partir de matériaux de haute qualité. En particulier, l'axe en acier a été renforcé pour assurer une longue durée de vie et une résistance aux dommages durant les chutes.

Quand vous activerez la balle pour la première fois, vous ferez immédiatement l'expérience de l'incroyable fluidité du mouvement du rotor. La Clé pour maintenir ce mouvement soyeux durant toute la vie de votre Powerball est la suivante: ce n'est pas la manière dont vous le démarrez qui importe, mais la manière dont vous l'arrêtez !

Avec l'expérience, nous avons appris de nos clients qu'une fois qu'ils ont amené le rotor à de grands niveaux de vitesse (et une fois que leur bras et poignet sont fatigués), ils relâchent simplement la poigne ferme qu'ils ont sur la balle et la laisse redescendre en régime avec une prise très molle sur elle.

Cependant, tout défaut de prise solide sur la coque extérieure de la balle permettra au rotor tournant à grande vitesse de vibrer, causant de microscopiques ondulations dans la surface interne de la sphère.

Bien que cela ne causera pas de réduction significative sur la durée de vie de la balle, cela affectera néanmoins la fluidité parfaite de chaque rotation et rendra le Power Ball un peu plus bruyant. La clé par conséquent, est de tenir la balle fermement en main du tout début à la toute fin de chaque tentative !

Le Powerball est un produit remarquable et unique. Avec des précautions appropriées, nous pensons qu'il pourra vous apporter de nombreuses années de plaisir. Si vous avez des questions sur votre nouveau Gyroscope dont vous ne pensez pas avoir trouvé une réponse dans ces instructions, s'il vous plaît, n'hésitez pas et entrez en contact avec nous à cette adresse e-mail : info@powerball.fr ou consultez votre distributeur local pour plus d'informations. Merci !



USA PATENTS No. 5800311 * TAIWAN PATENTS No. 135058

ANNEXE IV : Données et analyses statistiques

idn	touches J0	temps J0 (en seconde)	touches J21	temps J21 (en seconde)
1	37	73	27	90
2	25	72	10	76
3	16	54	14	59
4	22	37	17	32
5	47	49	39	42
6	16	27	16	28
7	13	31	16	33
8	22	56	20	46
9	21	37	16	31
10	26	35	23	35
11	27	54	21	56
12	16	37	11	40
13	51	67	36	77
14	16	34	21	41
15	22	33	22	26
16	26	37	31	53
17	23	44	20	40
18	23	38	14	23
19	17	27	15	31
20	14	55	14	35
21	15	28	16	26
22	17	60	14	60
23	23	27	16	55
24	12	34	11	39
25	22	31	27	42
26	20	46	27	33
27	16	25	19	29
28	19	28	15	21
29	18	56	14	42
30	21	44	14	67
31	23	29	17	31
32	15	44	15	48
33	16	40	14	50
34	21	32	13	28
35	15	50	17	63
36	32	59	21	44
37	13	50	13	44
38	21	74	20	54
39	19	36	9	61
40	19	68	16	79
41	25	35	27	40
42	14	57	18	49
43	25	30	21	24
44	25	52	23	61
45	23	46	29	47

46	21	48	23	40
47	25	20	17	19
48	25	16	23	24
49	29	34	16	33
50	26	50	20	63
51	29	21	22	39
52	25	42	24	52
53	29	42	16	56
54	16	25	21	37
55	21	33	22	50
56	37	44	36	33
57	20	50	18	49
58	46	37	40	36
59	16	50	17	45
60	27	25	23	31

idn	sex	age	tai	pds	lat	def	cor	atcd	ou	typ	spt	loi	pre0
1	F	22	1,55	55	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	F	29
2	F	21	1,65	66	D	FAUX	FAUX	VRAI	4	1	M	F	40
3	F	20	1,75	58	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	24
4	F	20	1,74	65	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	F	26
5	F	21	1,64	50	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	28
6	F	22	1,76	85	D	FAUX	FAUX	FAUX			M	A	40
7	M	21	1,75	74	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	M	44
8	F	21	1,62	52	D	VRAI	VRAI	FAUX			F	A	27
9	F	21	1,62	60	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	A	36
10	M	22	1,83	74	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	A	42
11	F	22	1,64	53	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	35
12	F	21	1,55	52	G	VRAI	VRAI	FAUX			M	M	36
13	M	21	1,85	67	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	R	42
14	M	21	1,65	57	D	VRAI	VRAI	FAUX			M	A	44
15	M	22	1,83	72	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	F	50
16	F	19	1,71	50	D	FAUX	FAUX	VRAI	3	1	R	A	32
17	F	21	1,69	61	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	A	34
18	M	22	1,8	72	D	FAUX	FAUX	VRAI	3	1	R	A	42
19	F	21	1,75	60	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	F	28
20	F	27	1,74	80	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	30
21	M	20	1,73	71	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	F	44
22	F	21	1,57	59	D	FAUX	FAUX	FAUX			M	F	28
23	M	23	1,86	82	D	VRAI	VRAI	VRAI	1	1	R	F	44
24	F	22	1,69	58	D	FAUX	FAUX	VRAI	3	3	A	F	40
25	F	20	1,63	50	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	A	24
26	M	22	1,8	61	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	45
27	F	22	1,72	60	D	FAUX	FAUX	FAUX			M	A	32
28	M	21	1,77	74	D	VRAI	VRAI	VRAI	3	3	R	A	40
29	F	23	1,63	56	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	M	42

30	M	21	1,74	64	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	A	48
31	F	25	1,69	60	D	VRAI	VRAI	FAUX			M	R	36
32	M	19	1,72	72	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	A	42
33	F	22	1,64	56	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	24
34	F	36	1,57	57	D	VRAI	VRAI	VRAI	3	3	R	A	36
35	M	25	1,75	74	D	FAUX	FAUX	VRAI	3	3	A	A	60
36	F	19	1,67	53	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	38
37	M	21	1,85	75	D	FAUX	FAUX	FAUX			M	A	46
38	M	24	1,83	68	D	VRAI	VRAI	VRAI	2	3	R	F	52
39	F	20	1,65	61	D	VRAI	VRAI	VRAI	1	1	A	A	34
40	F	22	1,65	70	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	F	28
41	M	21	1,9	99	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	R	60
42	M	30	1,75	92	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	R	60
43	M	20	1,8	84	G	FAUX	FAUX	FAUX			A	A	38
44	F	20	1,68	61	D	VRAI	VRAI	FAUX			R	A	32
45	F	21	1,6	58	D	VRAI	VRAI	VRAI	4	3	R	A	35
46	F	22	1,65	60	D	FAUX	FAUX	FAUX			F	F	24
47	F	20	1,62	47	G	FAUX	FAUX	VRAI	3	3	A	A	32
48	F	19	1,62	53	D	VRAI	VRAI	FAUX			A	A	28
49	F	19	1,62	56	D	VRAI	VRAI	VRAI	1	3	R	A	25
50	F	20	1,68	57	G	VRAI	VRAI	FAUX			R	A	20
51	F	29	1,5	43	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	R	34
52	M	30	1,82	71	D	VRAI	VRAI	VRAI	3	1	R	F	66
53	F	20	1,6	53	D	FAUX	FAUX	VRAI	4	3	A	F	32
54	M	31	1,76	70	D	FAUX	FAUX	VRAI	1	1	A	A	68
55	M	20	1,72	75	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	A	42
56	M	21	2	80	D	VRAI	VRAI	FAUX			M	A	52
57	M	19	1,73	63	D	FAUX	FAUX	FAUX			R	F	41
58	F	22	1,65	54	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	A	25
59	F	21	1,7	65	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	A	37
60	M	22	1,65	58	D	FAUX	FAUX	FAUX			A	A	25

idn	pin0	dex0	dex1	pre1	pin1	dex2	dex3	moy	med
1	11,5	37	73	33	13	27	90	7984,7	8409
2	14,5	25	72	40	18	10	76	8932,19	8990
3	13	16	54	31	14	14	59	5682,47	5763
4	20	22	37	32	20	17	32	5050,95	5102
5	10	47	49	32	10	39	42	6319,81	6511
6	17	16	27	40	18	16	28	8858,19	8979
7	19	13	31	48	21	16	33	8560,59	8800
8	14	22	56	33	15	20	46	5869,9	6209
9	13,5	21	37	37	16	16	31	6567,76	6859
10	21	26	35	46	21	23	35	7252,1	7453
11	15,5	27	54	35	18	21	56	6213,33	6371
12	17	16	37	37	15	11	40	6596,71	6993
13	26,5	51	67	54	27,5	36	77	9001,14	8989
14	17,5	16	34	47	18	21	41	8953,33	9016
15	23	22	33	52	23	22	26	11780,57	11278

16	14	26	37	34	13	31	53	5876,56	5883
17	18	23	44	37	18	20	40	8133,52	8275
18	14,5	23	38	46	17	14	23	7422,17	7619
19	14	17	27	31	15	15	31	6701,95	7234
20	15,5	14	55	36	16	14	35	6385,94	6390
21	20	15	28	50	21	16	26	10297,35	10774
22	13,5	17	60	31	13,5	14	60	6607,1	6687
23	24	23	27	49	30	16	55	9675,9	9542
24	17	12	34	48	17	11	39	8402,86	8423
25	11	22	31	28	14	27	42	6288,53	6324
26	21	20	46	48	21	27	33	6100,43	6060
27	19	16	25	38	19	19	29	7287,24	7304
28	21	19	28	42	25	15	21	6870,33	7169
29	17,5	18	56	44	19	14	42	7961,8	8206
30	24	21	44	48	25	14	67	7479,59	7262
31	17	23	29	38	18	17	31	6975,13	6909
32	20	15	44	48	22	15	48	7553,88	7845
33	14	16	40	30	16	14	50	6107,72	6254
34	20	21	32	37	18	13	28	6437,75	6512
35	26	15	50	66	26	17	63	6591,11	6615
36	14	32	59	41	14	21	44	8914,05	9091
37	17	13	50	49	18	13	44	6403,25	6400
38	21	21	74	55	21	20	54	6753,28	6879
39	13,5	19	36	35	17	9	61	5743,64	5666
40	17	19	68	32	17	16	79	6160,48	5995
41	26	25	35	65	25,5	27	40	7477,89	7340
42	24	14	57	64	24	18	49	7299,44	7412
43	20	25	30	40	21	21	24	8227,24	8405
44	13	25	52	38	16	23	61	6433,67	6305
45	17	23	46	38	17	29	47	5574,1	5535
46	16	21	48	30	16	23	40	7389,81	7123
47	16	25	20	38	15	17	19	5744,28	5711
48	14	25	16	30	15	23	24	5409,73	5439
49	16	29	34	30	16	16	33	6781,62	6937
50	15	26	50	24	15	20	63	6003,08	6042
51	16	29	21	38	18	22	39	7018,05	7130
52	24	25	42	68	24	24	52	8384,76	8359
53	17	29	42	35	19	16	56	6204,05	6083
54	24	16	25	70	24	21	37	7840,9	8510
55	20	21	33	42	20	22	50	10003,6	10675
56	24	37	44	50	24	36	33	8256,47	8234
57	19	20	50	44	19	18	49	6838,62	6674
58	16	46	37	29	18	40	36	6633,9	6715
59	13,5	16	50	41	14	17	45	7341,19	7357
60	14,5	27	25	30	17	23	31	6311,05	6279

65

The TTEST Procedure

Statistiques

Moyenne

Moyenne Différence supérieure	Nb	de la limite de conf. inférieure	Moyenne	de la limite de conf.
pre0 - pre1 2.961	60	-4.173	-3.567	-

Statistiques

Différence std	de la limite de conf.	Écart-type inférieure	Écart-type	Limite de conf. sup. Écart-type	Err.
pre0 - pre1 0.3029		1.9886	2.3461	2.8614	

Statistiques

Différence	Minimum	Maximum
pre0 - pre1	-12	2

Tests de Student

Différence	DF	Valeur du test t	Pr > t
pre0 - pre1	59	-11.78	<.0001

66

The TTEST Procedure

Statistiques

Moyenne

Moyenne Différence supérieure	Nb	de la limite de conf. inférieure	Moyenne	de la limite de conf.
pin0 - pin1 0.529	60	-1.271	-0.9	-

Statistiques

Différence std	de la limite de conf.	Écart-type inférieure	Écart-type	Limite de conf. sup. Écart-type	Err.
pin0 - pin1 0.1852		1.2159	1.4344	1.7495	

Statistiques

Différence	Minimum	Maximum
pin0 - pin1	-6	2

Tests de Student

Différence	DF	Valeur du test t	Pr > t
pin0 - pin1	59	-4.86	<.0001

67

The TTEST Procedure

Statistiques

Moyenne	Nb	de la limite de conf. inférieure	Moyenne	de la limite de conf. supérieure
dex0 - dex2 4.2492	60	1.5508	2.9	

Statistiques

Différence	de la limite de conf.	Écart-type inférieure	Écart-type	Limite de conf. sup.	Err.
dex0 - dex2 0.6743		4.427	5.2228	Écart-type	6.3701

Statistiques

Différence	Minimum	Maximum
dex0 - dex2	-7	15

Tests de Student

Différence	DF	Valeur du test t	Pr > t
dex0 - dex2	59	4.30	<.0001

10:30 Friday, February 8, 2008

68

The TTEST Procedure

Statistiques

Moyenne	Nb	de la limite de conf. inférieure	Moyenne	de la limite de conf. supérieure
dex1 - dex3 0.7161	60	-4.816	-2.05	

Statistiques

Différence	de la limite de conf.	Écart-type inférieure	Écart-type	Limite de conf. sup.	Err.
dex1 - dex3 1.3824		9.0764	10.708	Écart-type	13.06

Statistiques

Différence	Minimum	Maximum
dex1 - dex3	-28	20

Tests de Student

Différence	DF	Valeur du test t	Pr > t
dex1 - dex3	59	-1.48	0.1434

10:30 Friday, February 8, 2008

69

La procédure CORR

2 variables : difpre moy

Statistiques simples

Variable	Nb	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum
----------	----	---------	------------	-------	---------	---------

difpre	60	3.56667	2.34605	214.00000	-2.00000	12.00000
moy	60	7232	1330	433929	5051	11781

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 60
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	difpre	moy
difpre	1.00000	-0.09231 0.4830
moy	-0.09231 0.4830	1.00000

10:30 Friday, February 8, 2008

70

La procédure CORR

2 variables : difpin moy

Statistiques simples

Variable	Nb	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum
difpin	60	0.90000	1.43444	54.00000	-2.00000	6.00000
moy	60	7232	1330	433929	5051	11781

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 60
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	difpin	moy
difpin	1.00000	0.08631 0.5120
moy	0.08631 0.5120	1.00000

10:30 Friday, February 8, 2008

71

La procédure CORR

2 variables : diftch moy

Statistiques simples

Variable	Nb	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum
diftch	60	-2.90000	5.22283	-174.00000	-15.00000	7.00000
moy	60	7232	1330	433929	5051	11781

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 60
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	diftch	moy
diftch	1.00000	0.00879 0.9469
moy	0.00879 0.9469	1.00000

10:30 Friday, February 8, 2008

72

La procédure CORR

2 variables : difdur moy

Statistiques simples

variable	Nb	Moyenne	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum
difdur	60	2.05000	10.70787	123.00000	-20.00000	28.00000
moy	60	7232	1330	433929	5051	11781

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 60
 Prob > |r| under H0: Rho=0

	difdur	moy
difdur	1.00000	0.01714 0.8966
moy	0.01714 0.8966	1.00000

10:30 Friday, February 8, 2008

73

The GLM Procedure

Informations sur le
niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
sex	2	1 2
lat	2	1 2
def	2	0 1
atcd	2	0 1
spt	4	0 1 2 3
loi	4	0 1 2 3

Number of Observations Read 60
 Number of Observations Used 60

10:30 Friday, February 8, 2008

74

The GLM Procedure

Dependent Variable: pre0

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	10	4638.453274	463.845327	9.89	<.0001
Error	49	2297.146726	46.880545		
Corrected Total	59	6935.600000			

R-carré 0.668789
 Coeff Var 18.11359
 Racine MSE 6.846937
 pre0 Moyenne 37.80000

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	3667.225000	3667.225000	78.22	<.0001
lat	1	65.835674	65.835674	1.40	0.2417
def	1	0.020265	0.020265	0.00	0.9835
atcd	1	343.908043	343.908043	7.34	0.0093
spt	3	178.253716	59.417905	1.27	0.2959
loi	3	383.210576	127.736859	2.72	0.0542

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	3011.460718	3011.460718	64.24	<.0001

lat	1	106.460156	106.460156	2.27	0.1382
def	1	0.054872	0.054872	0.00	0.9728
atcd	1	523.962621	523.962621	11.18	0.0016
spt	3	129.082314	43.027438	0.92	0.4392
loi	3	383.210576	127.736859	2.72	0.0542

10:30 Friday, February 8, 2008

75

The GLM Procedure

Niveau de	Nb	Moyenne	Écart-type
sex			
1	24	47.3750000	9.73926388
2	36	31.4166667	5.57225269
lat			
1	56	38.2500000	10.9299422
2	4	31.5000000	8.0622577
def			
0	31	38.0967742	10.6531837
1	29	37.4827586	11.2205828
atcd			
0	44	36.1363636	9.7063655
1	16	42.3750000	12.7220281
spt			
0	23	36.2608696	10.9221101
1	26	39.5769231	11.6864813
2	2	25.5000000	2.1213203
3	9	39.3333333	7.3484692
loi			
0	37	36.2702703	10.2703691
1	5	46.4000000	12.7593103
2	15	38.1333333	11.8615024
3	3	40.6666667	4.1633320

10:30 Friday, February 8, 2008

76

The GLM Procedure

Informations sur le niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
sex	2	1 2
lat	2	1 2
def	2	0 1
atcd	2	0 1
spt	4	0 1 2 3
loi	4	0 1 2 3

Number of Observations Read

60

Number of Observations Used

60

10:30 Friday, February 8, 2008

77

The GLM Procedure

Dependent Variable: pre1

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	10	4597.069656	459.706966	11.25	<.0001
Error	49	2002.863678	40.874769		
Corrected Total	59	6599.933333			

R-carré Coeff Var Racine MSE pre1 Moyenne
 0.696533 15.45529 6.393338 41.36667

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	3616.336111	3616.336111	88.47	<.0001
lat	1	77.551030	77.551030	1.90	0.1746
def	1	6.598096	6.598096	0.16	0.6896
atcd	1	303.837580	303.837580	7.43	0.0089
spt	3	55.083262	18.361087	0.45	0.7190
loi	3	537.663576	179.221192	4.38	0.0082

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	2984.585178	2984.585178	73.02	<.0001
lat	1	101.508952	101.508952	2.48	0.1215
def	1	1.021657	1.021657	0.02	0.8750
atcd	1	490.300704	490.300704	12.00	0.0011
spt	3	53.347231	17.782410	0.44	0.7289
loi	3	537.663576	179.221192	4.38	0.0082

10:30 Friday, February 8, 2008

78

The GLM Procedure

Niveau de sex	Nb	Moyenne	Écart-type
1	24	50.8750000	9.66982082
2	36	35.0277778	4.87844303

Niveau de lat	Nb	Moyenne	Écart-type
1	56	41.8392857	10.6630659
2	4	34.7500000	7.2743843

Niveau de def	Nb	Moyenne	Écart-type
0	31	42.0000000	10.6645831
1	29	40.6896552	10.6271332

Niveau de atcd	Nb	Moyenne	Écart-type
0	44	39.7954545	9.3225896
1	16	45.6875000	12.7943673

Niveau de spt	Nb	Moyenne	Écart-type
---------------	----	---------	------------

0	23	40.7826087	11.2126411
1	26	42.7307692	11.4212353
2	2	31.5000000	2.1213203
3	9	41.1111111	6.2937359

Niveau de loi	Nb	Moyenne	Écart-type
0	37	39.5675676	9.6221404
1	5	51.8000000	13.3116490
2	15	42.0000000	11.3954878
3	3	43.0000000	5.5677644

10:30 Friday, February 8, 2008

79

The GLM Procedure

Informations sur le niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
sex	2	1 2
lat	2	1 2
def	2	0 1
atcd	2	0 1
spt	4	0 1 2 3
loi	4	0 1 2 3

Number of Observations Read 60
Number of Observations Used 60

10:30 Friday, February 8, 2008

80

The GLM Procedure

Dependent Variable: pin0

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	10	615.6886458	61.5688646	8.57	<.0001
Error	49	351.8571875	7.1807589		
Corrected Total	59	967.5458333			

R-carré 0.636341
Coeff Var 15.14664
Racine MSE 2.679694
pin0 Moyenne 17.69167

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	518.4000000	518.4000000	72.19	<.0001
lat	1	0.1872659	0.1872659	0.03	0.8724
def	1	1.6498350	1.6498350	0.23	0.6338
atcd	1	14.3081547	14.3081547	1.99	0.1644
spt	3	10.9674803	3.6558268	0.51	0.6778
loi	3	70.1759099	23.3919700	3.26	0.0293

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	419.6810627	419.6810627	58.45	<.0001
lat	1	1.2692440	1.2692440	0.18	0.6760
def	1	1.0158314	1.0158314	0.14	0.7085

atcd	1	23.5206395	23.5206395	3.28	0.0765
spt	3	6.9013334	2.3004445	0.32	0.8106
loi	3	70.1759099	23.3919700	3.26	0.0293

10:30 Friday, February 8, 2008

81

The GLM Procedure

Niveau de	Nb	Moyenne	Écart-type
sex			
1	24	21.2916667	3.36838455
2	36	15.2916667	2.31878971
lat			
1	56	17.7410714	4.15931711
2	4	17.0000000	2.16024690
def			
0	31	17.9677419	3.82521347
1	29	17.3965517	4.32471987
atcd			
0	44	17.3181818	3.99722420
1	16	18.7187500	4.14314192
spt			
0	23	16.8913043	4.38736958
1	26	18.7115385	4.07227965
2	2	15.0000000	1.41421356
3	9	17.3888889	2.96624529
loi			
0	37	16.9459459	3.87259564
1	5	21.9000000	5.02991054
2	15	18.1000000	3.89688520
3	3	17.8333333	1.04083300

10:30 Friday, February 8, 2008

82

The GLM Procedure

Informations sur le niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
sex	2	1 2
lat	2	1 2
def	2	0 1
atcd	2	0 1
spt	4	0 1 2 3
loi	4	0 1 2 3

Number of Observations Read 60
Number of Observations Used 60

The GLM Procedure

Dependent Variable: pin1

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	10	642.3239361	64.2323936	9.76	<.0001
Error	49	322.4218972	6.5800387		
Corrected Total	59	964.7458333			

R-carré Coeff Var Racine MSE pin1 Moyenne
 0.665796 13.79736 2.565159 18.59167

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	547.6000000	547.6000000	83.22	<.0001
lat	1	5.8726592	5.8726592	0.89	0.3494
def	1	0.2428455	0.2428455	0.04	0.8484
atcd	1	21.3817786	21.3817786	3.25	0.0776
spt	3	4.3283143	1.4427714	0.22	0.8826
loi	3	62.8983386	20.9661129	3.19	0.0318

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	440.3590338	440.3590338	66.92	<.0001
lat	1	3.0506756	3.0506756	0.46	0.4991
def	1	0.0031683	0.0031683	0.00	0.9826
atcd	1	29.7609709	29.7609709	4.52	0.0385
spt	3	1.8860422	0.6286807	0.10	0.9621
loi	3	62.8983386	20.9661129	3.19	0.0318

The GLM Procedure

Niveau de	Nb	Moyenne	Écart-type
sex			
1	24	22.2916667	3.33921582
2	36	16.1250000	2.14267856
lat			
1	56	18.7410714	4.08766556
2	4	16.5000000	3.00000000
def			
0	31	18.7741935	3.71895754
1	29	18.3965517	4.42270786
atcd			
0	44	18.1477273	3.74721532
1	16	19.8125000	4.67929838
spt			
0	23	17.9782609	4.26528871

1	26	19.5961538	4.19528123
2	2	15.5000000	0.70710678
3	9	17.9444444	2.87711275

Niveau de loi	Nb	Moyenne	Écart-type
0	37	17.8648649	3.70556760
1	5	22.6000000	4.37892681
2	15	19.1000000	4.40048699
3	3	18.3333333	3.05505046

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

19

The TTEST Procedure

Statistiques

Moyenne

Moyenne Différence supérieure	Nb	de la limite de conf. inférieure	Moyenne	de la limite de conf.
dex2 - dex0 1.551	60	-4.249	-2.9	-

Statistiques

Différence std	de la limite de conf.	Écart-type inférieure	Écart-type	Limite de conf. sup. Écart-type	Err.
dex2 - dex0 0.6743		4.427	5.2228	6.3701	

Statistiques

Différence	Minimum	Maximum
dex2 - dex0	-15	7

Tests de Student

Différence	DF	Valeur du test t	Pr > t
dex2 - dex0	59	-4.30	<.0001

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

20

The TTEST Procedure

Statistiques

Moyenne

Moyenne Différence supérieure	Nb	de la limite de conf. inférieure	Moyenne	de la limite de conf.
dex3 - dex1 4.8161	60	-0.716	2.05	

Statistiques

Différence std	de la limite de conf.	Écart-type inférieure	Écart-type	Limite de conf. sup. Écart-type	Err.
dex3 - dex1 1.3824		9.0764	10.708	13.06	

Statistiques

Différence	Minimum	Maximum
dex3 - dex1	-20	28

Tests de Student

Différence	DF	Valeur du test t	Pr > t
dex3 - dex1	59	1.48	0.1434

The GLM Procedure

Dependent Variable: **diftch**

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	6	308.447584	51.407931	2.09	0.0693
Error	53	1300.952416	24.546272		
Corrected Total	59	1609.400000			

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	112.9979342	112.9979342	4.60	0.0365
lat	1	26.9452591	26.9452591	1.10	0.2995
def	1	0.1363917	0.1363917	0.01	0.9409
atcd	1	66.6853021	66.6853021	2.72	0.1052
spbin	1	52.0130577	52.0130577	2.12	0.1514
loibin	1	61.8203000	61.8203000	2.52	0.1185

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

23

The GLM Procedure

Niveau de	Nb	Moyenne	Écart-type
sex			
1	24	-1.16666667	4.97530132
2	36	-4.05555556	5.12664995
lat			
1	56	-2.69642857	5.33571037
2	4	-5.75000000	1.70782513
def			
0	31	-3.12903226	5.44513199
1	29	-2.65517241	5.05876793
atcd			
0	44	-2.31818182	4.43963505
1	16	-4.50000000	6.86051504
spbin			
0	23	-4.04347826	5.69272471
1	37	-2.18918919	4.85247839
loibin			
0	37	-2.32432432	5.08840760
1	23	-3.82608696	5.41590397

25

The GLM Procedure

Dependent Variable: **difdur**

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	6	387.334370	64.555728	0.54	0.7781
Error	53	6377.515630	120.330484		
Corrected Total	59	6764.850000			

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
sex	1	7.4282015	7.4282015	0.06	0.8047
lat	1	0.0854029	0.0854029	0.00	0.9788
def	1	60.8377091	60.8377091	0.51	0.4802
atcd	1	201.6180949	201.6180949	1.68	0.2011
spbin	1	63.3207839	63.3207839	0.53	0.4714
loibin	1	29.8261523	29.8261523	0.25	0.6206

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

26

The GLM Procedure

Niveau de	Nb	Moyenne	Écart-type
-----difdur-----			
sex			
1	24	1.70833333	12.0306824
2	36	2.27777778	9.9012585
-----difdur-----			
lat			
1	56	2.03571429	10.9294669
2	4	2.25000000	8.0570880
-----difdur-----			
def			
0	31	3.32258065	9.8230582
1	29	0.68965517	11.5977321
-----difdur-----			
atcd			
0	44	0.97727273	9.6049615
1	16	5.00000000	13.1858510
-----difdur-----			
spbin			
0	23	3.43478261	11.1918237
1	37	1.18918919	10.4584836
-----difdur-----			
loibin			
0	37	1.48648649	10.6968885
1	23	2.95652174	10.9023695

0.1434

1

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Informations sur le niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
spbin	2	0 1
loibin	2	0 1

2

Number of Observations Read 60
 Number of Observations Used 60

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Dependent Variable: pin0

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	2	65.9449838	32.9724919	2.08	0.1337
Error	57	901.6008496	15.8175588		
Corrected Total	59	967.5458333			

R-carré Coeff Var Racine MSE pin0 Moyenne
 0.068157 22.48024 3.977129 17.69167

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
spbin	1	23.89189679	23.89189679	1.51	0.2241
loibin	1	42.05308697	42.05308697	2.66	0.1085

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
spbin	1	12.26930318	12.26930318	0.78	0.3822
loibin	1	42.05308697	42.05308697	2.66	0.1085

3

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Niveau de spbin	Nb	Moyenne	Écart-type
0	23	16.8913043	4.38736958
1	37	18.1891892	3.80122669

Niveau de loibin	Nb	Moyenne	Écart-type
0	37	16.9459459	3.87259564
1	23	18.8913043	4.12298579

4

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Informations sur le niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
spbin	2	0 1
loibin	2	0 1

Number of Observations Read 60
 Number of Observations Used 60

5

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Dependent Variable: pre0

R-carré Coeff Var Racine MSE pre1 Moyenne
 0.047337 25.38934 10.50273 41.36667

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
spbin	1	12.7229926	12.7229926	0.12	0.7354
loibin	1	299.6978343	299.6978343	2.72	0.1048

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
spbin	1	0.0033572	0.0033572	0.00	0.9956
loibin	1	299.6978343	299.6978343	2.72	0.1048

9

Le Système SAS 12:58 wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Niveau de spbin	Nb	Moyenne	Écart-type
0	23	40.7826087	11.2126411
1	37	41.7297297	10.3027738

Niveau de loibin	Nb	Moyenne	Écart-type
0	37	39.5675676	9.6221404
1	23	44.2608696	11.5884637

10

Le Système SAS 12:58 wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Informations sur le niveau de classe

Classe	Niveaux	Valeurs
spbin	2	0 1
loibin	2	0 1

Number of Observations Read 60
 Number of Observations Used 60
 Le Système SAS 12:58 wednesday, March 19, 2008

11

The GLM Procedure

Dependent Variable: pin1

Source	DF	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
Model	2	56.6294585	28.3147292	1.78	0.1783
Error	57	908.1163748	15.9318662		
Corrected Total	59	964.7458333			

R-carré Coeff Var Racine MSE pin1 Moyenne
 0.058699 21.46916 3.991474 18.59167

Source	DF	Type I SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
spbin	1	14.03372993	14.03372993	0.88	0.3519
loibin	1	42.59572856	42.59572856	2.67	0.1075

12

Source	DF	Type III SS	Carré moyen	Valeur F	Pr > F
spbin	1	5.64273208	5.64273208	0.35	0.5541
loibin	1	42.59572856	42.59572856	2.67	0.1075

Le Système SAS 12:58 Wednesday, March 19, 2008

The GLM Procedure

Niveau de spbin	Nb	Moyenne	Écart-type
0	23	17.9782609	4.26528871
1	37	18.9729730	3.91036007

Niveau de loibin	Nb	Moyenne	Écart-type
0	37	17.8648649	3.70556760
1	23	19.7608696	4.36637348

ANNEXE V : Gyroscopie

Selon Wikipédia au 20/03/2008

Droit d'auteur : Tous les textes sont disponibles sous les termes de la **licence de documentation libre GNU** (GFDL).

Un gyroscopie (du grec « qui regarde la rotation ») est un appareil qui exploite le principe de la conservation du **moment angulaire** en **physique** (ou encore stabilité gyroscopique ou effet gyroscopique). Dans les capteurs : un gyroscopie est un capteur de position angulaire et un **gyromètre** un capteur de vitesse angulaire. Le gyroscopie donne la **position angulaire** (selon un, deux ou les trois axes) de son référentiel par rapport à un **référentiel inertiel** (ou galiléen).

Effet gyroscopique

L'essentiel du dispositif est une roue (ou tout objet correctement équilibré) tournant sur un axe qui, une fois lancée tend à résister aux changements de son orientation.

La démonstration la plus simple et la plus parlante consiste à tenir à bout de bras une roue de vélo par les écrous du moyeu et de la faire tourner rapidement par une autre personne. Lorsque l'on tente de pencher sur le côté la roue en rotation, on ressent une résistance. C'est la conservation du moment de rotation qui tend à s'opposer à ce mouvement.

Généralités

Le fonctionnement du gyroscopie repose sur le phénomène de **précession**.

La précession est le nom donné au changement graduel d'orientation de l'**axe de rotation** d'un objet ou, de façon plus générale, d'un **vecteur** sous l'action de l'environnement, par exemple, quand un **couple** lui est appliqué. Ce phénomène est aisément observable avec une toupie mais tous les objets en rotation peuvent subir la précession. Lors de la précession, l'angle que fait l'axe de rotation ou le vecteur avec une direction donnée reste fixé. Le vecteur ou l'axe de rotation décrit ainsi au cours du temps un **cône** dont l'axe est la direction fixée. Ce cône est parcouru à une **vitesse angulaire** constante qui est déterminée par les données du problème. Le sens dans lequel se produit la précession dépend du problème considéré. Dans le cas d'une toupie, la précession se fait dans le sens opposé à celui de la rotation.

Les gyroscopes peuvent être utilisés pour construire des compas gyroscopiques qui complètent ou remplacent les boussoles magnétiques - dans les navires, avions et véhicules en général - ainsi que pour aider à la stabilité des bicyclettes, du télescope spatial Hubble et comme un dépôt pour le moment angulaire pour les roues inertielles.

Les effets gyroscopiques sont aussi la base de jouets comme les yo-yos, Powerballs et les toupies.

Lois physiques

L'équation fondamentale décrivant le comportement du gyroscope est :

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = I\vec{\alpha}$$

où les vecteurs $\vec{\tau}$ et \vec{L} sont respectivement le moment sur le gyroscope et son moment cinétique, le scalaire I est son moment d'inertie, le vecteur $\vec{\omega}$ est sa vitesse angulaire, et le vecteur $\vec{\alpha}$ est son accélération angulaire.

Il découle de cela qu'un moment $\vec{\tau}$ appliqué perpendiculairement à l'axe de rotation, et donc perpendiculaire à \vec{L} , provoque un déplacement perpendiculaire à la fois à $\vec{\tau}$ et \vec{L} . Ce mouvement est appelé précession. La vitesse angulaire de la précession Ω_P est donnée par

$$\vec{\tau} = \Omega_P \vec{L}$$

Le phénomène de précession peut être observé en plaçant un gyroscope tournant sur son axe horizontal et supporté lâchement à une extrémité. Au lieu de tomber comme on peut s'y attendre, le gyroscope apparaît comme défiant la gravité en restant sur son axe horizontal, même si un bout de l'axe n'est pas supporté. L'extrémité libre de l'axe décrit lentement un cercle dans un plan horizontal. Cet effet est expliqué par les équations précédentes. Le moment du gyroscope est fourni par un couple de forces : la gravité pousse vers le bas le centre de la masse du dispositif, et une force égale la pousse vers le haut pour supporter le côté libre. Le déplacement résultant de ce moment n'est pas vers le bas, comme l'intuition nous le fait supposer, mais perpendiculaire à la fois au mouvement gravitationnel (le bas) et l'axe de rotation (vers l'extérieur du point d'appui), c'est-à-dire dans une direction horizontale vers l'avant, faisant faire à l'appareil une rotation lente autour du point de support.

Comme démontre la deuxième équation, sous un moment constant dû à la gravité, la vitesse de précession du gyroscope est inversement proportionnelle à son moment cinétique. Cela signifie que, comme la friction fait ralentir le mouvement tournant du gyroscope, le taux de précession augmente. Cela continue jusqu'à ce que le dispositif ne puisse plus tourner suffisamment rapidement pour supporter son propre poids, alors il arrête la précession et tombe hors de son support.