

# INTRODUCTION

La notion d'atemi et celle de points vitaux qui s'y rattache, se retrouvent dans tous les Arts Martiaux, y compris l'Aïkido en particulier dans les vieilles écoles d'origine telle que le Daito-Ryu<sup>1</sup>. L'origine de l'Art des Points Vitaux est triple . D'après R. Lasserre<sup>2</sup>, l'origine de l'Atewaza (attaque des points vitaux) est très ancienne, peut-être dès 25 avant JC, ce qui correspondrait au début de l'art de la lutte au Japon ; en tout cas, à cette époque un lutteur nommé Kehaya de Taéma tua en 23 avant JC d'un seul coup Sukumé de Nomi : on admet que là est le début de l'Atewaza. Cette histoire lui donne ainsi une **origine japonaise...**

En fait, on sait que les moines du Temple de Shaolin en **Chine** étaient passés maîtres dans cet Art; cela ferait remonter l'origine seulement à Bodhidharma (250 après JC). Enfin, dès le XII ème siècle cet Art Martial fut enseigné aux samouraïs japonais comme partie intégrante du jiu-jitsu par les Maîtres d'Arts martiaux qui choisissaient avec d'infinies précautions leurs élèves (souvent l'enseignement restait familial). Il y eu donc au Japon un développement très restreint. Enfin parallèlement, l'Art de la Main Vide se développa à **Okinawa** (To-de).

Alors que la source chinoise (kung-fu wu-shu) préconise un art de longue vie, le To-de d'Okinawa (à la suite de l'interdiction du port d'armes vraisemblablement<sup>3</sup>) va évoluer afin de répondre aux exigences nouvelles vers une dureté qu'il n'avait vraisemblablement pas au départ avec une contraction (qui sera encore acceptée à son arrivée au Japon au début du XXème siècle, avec une descente des positions qui deviennent plus figées et plus physiques : voir plus loin) une simplification des techniques (sinon un appauvrissement, mais elles deviennent plus sobres, avec une recherche immédiate de l'efficacité, peut-être due aussi à l'incompréhension mais aussi au pragmatisme). Le To-de va ainsi rechercher la conclusion rapide du combat, l'efficacité maximum et donc le "coup unique" (chimei) Cette conception sera encore amplifiée par le passage d'Okinawa au Japon et le développement du To-de (devenu Karate-do) au niveau universitaire où le temps passé dans les Universités est relativement court ce qui nécessite une progression rapide et "scientifique". Cela est surtout sensible pour le Shotokan, les autres styles conservant plus de souplesse tant au niveau des positions (plus hautes et plus naturelles), des techniques (moins d'appauvrissement : l'Uechi-Ryu et le Shito-Ryu continuent à travailler les techniques mains ouvertes par exemple) et de l'esprit avec l'introduction du Jyu-kumite et le développement du coté sportif dès 1952. Curieusement, l'extrapolation du Shotokan, dans le but de rester fidèle au message de Sensei Funakoshi et de lutter déjà contre la dérive sportive, a été réalisée avec le

<sup>1</sup> S. Pranin in *Arts & Combats*, n° 9, p 77; n° 10, p30; n° 11, p66; n°12, p26; n° 13, p23.

<sup>2</sup> R. Lasserre- *Atémis et Jiu-jitsu. Manuel pratique*, R. Lasserre Ed. (1956), pp2

<sup>3</sup> En 1477, le roi Shoshin interdit le port d'armes à ses sujets..Cet édit royal est repris en 1609 par les envahisseurs japonais à l'encontre des okinawaiens (mais pas pour les samouraïs japonais bien sûr).

Shotokai par Sensei Egami, qui accentue encore d'avantage les positions et ne recherche plus le kimeï, mais à traverser l'adversaire par le tsuki avec le poing en position ippon-ken principalement. En voulant se raccrocher à l'esprit d'origine de Sensei Funakoshi, cette école s'est éloignée de la technique fondamentale (efficacité?) et de l'objectif premier d'un Art Martial qui est qu'en même le combat, qu'en bien même celui-ci resterait hypothétique...

Cette recherche du coup unique, amplifiée au Japon, s'inspire vraisemblablement du Kendo et du fait que pour survivre<sup>4</sup> le Karate devait être reconnu en tant qu'Art Martial Traditionnel par les Maîtres de la Butokaï Renmeï<sup>5</sup>. De là sont nées les notions de kime et d'atemi (cette dernière notion existait bien sûr avant mais vraisemblablement pas avec un sens aussi développé) l'un n'allant pas sans l'autre. La base est donc la recherche de l'énergie maximale dans un **temps** très court (explosion), sur une **surface** la plus faible possible (pression maximale) en utilisant les **armes naturelles** (arts martiaux à mains nues : mains, bras, jambes, genoux, pieds, coudes, doigts, tête...) sur les **surfaces du corps** les plus adaptées (points d'acupuncture, zones sensibles telles des os fragiles comme les clavicules, les yeux et les parties génitales...). Ces techniques ont été beaucoup plus développées dans les Arts de percussion tels que le karaté-do<sup>6</sup> ou ses homologues asiatiques (Viet-Vo Dao, Tae-Kwon Do, Panchak-Silat, Wu-Shu externe) que dans d'autres Arts Martiaux de défense comme le Jiu-jitsu où elles ont complètement disparu dans le Judo dit moderne.

Cette notion existait bien sûr dans le Kung-fu Wu-Shu (Tien Hsueh) et était l'art d'attaquer les points vitaux mais la recherche d'énergie dans la technique était ici moins poussée puisque celles-ci faisaient moins appel au réserve d'énergie du corps et étaient dirigées vers l'économie de la force qui n'était libérée qu'au moment opportun (frappe) sur un point d'acupuncture ou vital (cible). La recherche était donc différente et était basée sur d'autres notions : rythme du corps (déjà la notion de biorythme?), moment de la frappe (heure, saison : chronobiologie avant l'heure...), but recherché (douleur seule, évanouissement, mort). L'"atemi japonais" va chercher la destruction immédiate et brutale (pragmatisme japonais...) et sera développé encore d'avantage lors de la deuxième Guerre Mondiale<sup>7</sup> en prévision du débarquement des GI et les futures luttes que devaient avoir à mener tous les japonais contre l'envahisseur, quartier par quartier.

L'efficacité des atemis de karaté n'est plus à démontrer. Malgré quelques trucages de soi-disant spécialistes de la casse, on ne peut pas mettre en doute le sérieux des experts et des sensei tels que Oyama, Lee-Kwang-Young ou Chau de disciplines (Kyo-kushin-kaï, Kwang-ki-do, Viet-vo-dao respectivement) et d'époques différentes.

---

<sup>4</sup> *Le To-de est alors une compilation de vieilles techniques dépassées par la modernisation de la société japonaise et surtout menacée par la militarisation des années 1920-1930.*

<sup>5</sup> *Organisation regroupant les Arts Martiaux Traditionnels du Japon.*

<sup>6</sup> *Le karaté shotokan se rapprocherait ainsi plus du style du léopard (Pao) plus rapide et puissant avec les poings fermés et une plus grande recherche de la force musculaire et de la vitesse que les autres styles chinois.*

<sup>7</sup> *La fameuse unité U731 a étudié non seulement les points vitaux mais aussi les effets des armes biologiques sur la population des villages chinois et sur des prisonniers. Les responsables de ces recherches n'ont pas été inquiétés après la guerre en tant que criminels de guerre par les tribunaux américains en échange des résultats des expériences.*

Tout le secret, si secret il y a, est (outre un entraînement important) dans la **focalisation** de l'énergie sur une surface la plus faible possible, et une fin de la technique un à cinq centimètres **dans** la cible.

L'atemi de karaté est très différent de la technique de boxe occidentale où les mouvements sont très larges et qui ne cherchent pas la surface la plus faible possible (l'usage des gants de boxe a sûrement modifié très fortement la technique par rapport à celle du début du siècle lorsque les combats se pratiquaient à mains nues). Cette utilisation des gants a pour but de protéger d'avantage les boxeurs des dégâts provoqués par les traumatismes subits au niveau de la tête (ce qui est tout relatif quand on examine l'état de beaucoup de boxeurs quelques années après l'arrêt de leur carrière sportive). Les atemis de karaté doivent être capables de briser, déchirer ou écraser les os et les tissus (voir chapitres précédents) ce que ne cherchent pas à réaliser les techniques de boxe beaucoup plus circulaires. Ainsi en karaté une technique bien réalisée libère **dans** la cible une énergie de plusieurs kilowatts en quelques millisecondes, largement suffisante pour casser briques, planches de bois, blocs de béton ou pains de glace lors de démonstration mais aussi de briser un os ou d'éclater un organe (au moins théoriquement...). Il est entendu que cela n'est possible que si le mental accompagne le physique, l'un n'allant pas sans l'autre.

La casse n'est pas le but du karaté (et encore moins du Karaté-do) : "une planche ne rend pas les coups" dicit Bruce Lee... mais c'est un test intéressant permettant de vérifier sa technique et de la faire progresser. Dans cet objectif, elle est réalisée hors et loin des salles de spectacle et en tout cas elle n'est pas une recherche de satisfaction pour son ego. Cet exercice est réalisé en toute modestie comme un entraînement.

Le deuxième avantage de cette épreuve réside dans le fait que dans ce cas tous les paramètres sont à peu près contrôlés et donc ce peut être alors un moyen d'étude scientifique des atemis de karaté. Elle permet de mettre en équations et ainsi de comprendre dans toute la froideur des études physiques et physiologiques la réalité de l'atemi. Quelques études ont ainsi été réalisées dont certaines dans les plus prestigieuses Universités telle que par exemple le Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Dès 1966, des scientifiques<sup>8</sup> dans la revue anglaise Nature, ont examiné l'atemi chez plusieurs pratiquants en utilisant la photographie stroboscopique pour appréhender la vitesse et une jauge de contrainte pour mesurer la force. Il ont montré que la vitesse d'un tsuki est de l'ordre de 50 m/s, 25% plus rapide que chez un pratiquant peu entraîné (groupe de contrôle). Cette vitesse a pour conséquence de développer une force très supérieure à celle nécessaire pour casser une brique. D'autre part les callosités des kentos provoquées par l'usage du makiwara, ne durcissent pas la main mais la protègent des blessures. Les auteurs conduent alors simplement qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser une grande force mais une vitesse suffisante pour casser une brique, en plus de la volonté. Cette petite étude a été la base des travaux ultérieurs.

Le premier travail d'importance date en fait de 1975.

---

<sup>8</sup> Vos J. A., Binkhorst R.A., Nature (1966) **3044**, 89-90.



# 1-ETUDE DE WALKER<sup>9</sup>

Cet auteur étudie deux points essentiels de l'atemi : l'énergie de déformation nécessaire pour casser la cible et la force d'impact appliquée sur cette cible.

## 1-1- Energie de déformation

### 1-Etude Physique du mouvement

Un adversaire étant en mouvement il est nécessaire de modéliser la technique afin de simplifier l'étude. Pour cela l'auteur choisit le modèle classique utilisé lors d'étude cinématique : le choc de deux boules, une représentant la cible, l'autre le poing. Dans ce cas, deux paramètres doivent être considérés :

- l'énergie dissipée par la déformation de la cible et du poing lors de l'impact,
- et la force transmise ainsi que la pression exercée lors du choc.

Pour cela, l'auteur considère deux corps libres de masse  $M_1$  et  $M_2$ ; le premier ( $M_1$ ), supposé la cible, est au repos, le second ( $M_2$ ) est en mouvement avec la vitesse  $v$ . L'énergie dissipée (qui n'est pas utilisée pour le déplacement après le choc) correspond à la chaleur produite lors du choc et à la déformation des deux corps. Elle est calculée en utilisant les deux principes généraux "de la conservation de l'énergie\*" et de la "conservation de quantité de mouvement\*\*".

L'énergie avant le choc est  $E_1$  et correspond à l'énergie cinétique\* du système :

$$E_1 = 1/2 Mv^2 \quad \text{Eq 1}$$

où  $M$  est la masse réduite\* :

$$M = M_2 M_1 / (M_1 + M_2)$$

Après le choc, l'énergie est :

$$E_2 = e^2 1/2 Mv^2 \quad \text{Eq 2}$$

où  $e^2$  est le coefficient de restitution de l'énergie. C'est donc l'énergie restante après le choc exprimée comme une fraction de l'énergie initiale.

On peut exprimer  $e$  comme le rapport des différences des vitesses des deux masses après et avant le choc :

<sup>9</sup> Walker J.D., Amer. J. Phys. (1975) **43** (10) 845-849.

$$e = (v'_1 - v'_2) / (v_2 - v_1)$$

$v'_1$  et  $v'_2$  sont les vitesses des deux corps après le choc et  $v_1$  et  $v_2$  avant le choc.  $M_1$  étant immobile avant le choc,  $v_1$  est nulle.

Dans un choc totalement élastique\*  $M_2$  transmet toute son énergie et  $M_1$  aura après le choc la même vitesse que  $M_2$  avant.  $M_2$  sera immobile après le choc : c'est le carreau parfait bien connu en pétanque. Dans ces conditions :

$$e = v'_1/v_2 = 1 \text{ car } v'_1 = v_2.$$

A l'inverse dans un choc totalement inélastique  $M_2$  choque  $M_1$  et les deux corps sont alors immobiles après le choc, toute l'énergie est absorbée :

$$v'_2 = v'_1 = 0 \text{ soit}$$

$$e = (v'_1 - v'_2) / (v_2 - v_1) = 0$$

L'énergie perdue pendant le choc (déformation et chaleur) est donc (à partir des équations 1 et 2) :

$$\Delta E = E_1 - E_2 \text{ soit}$$

$$\Delta E = 1/2 M v_2 (1 - e^2) = 1/2 (1 - e^2) M_1 M_2 / (M_1 + M_2)$$

Ainsi ces deux exemples sont les cas extrêmes qui peuvent se produire lors d'un choc.

Dans la suite du travail qui est un cas plus général de choc, l'auteur néglige la chaleur produite par le choc (qui est très faible). Ainsi  $\Delta E$  correspond uniquement à l'énergie perdue par la déformation de la cible. Pour le karaté, seule l'énergie transmise est importante. En reprenant les calculs de Miller<sup>10</sup> (étude du choc du marteau sur une tôle qui recherche avant tout la déformation de celle-ci ( $\Delta E$  important) et de celui de la masse sur un pieu qui recherche le transfert d'énergie ( $\Delta E$  faible)), Walker admet que l'équation précédente peut s'écrire :

$$\Delta E / 1/2 M_2 v^2 = (1 - e^2) M_1 / (M_1 + M_2)$$

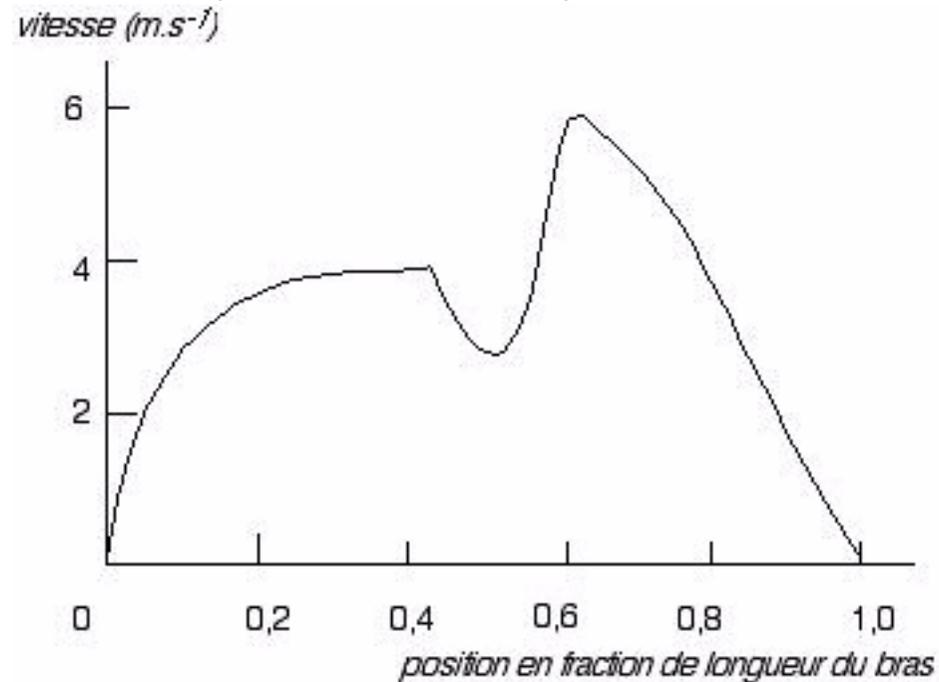
Sous cette forme cette équation montre que pour  $\Delta E$  important,  $e$  est faible, ce qui peut se traduire par : l'énergie est dissipée lorsque la valeur de  $e$  est faible.

L'auteur indique que l'aîne correspond à une zone dont le coefficient  $e$  est important (muscles, graisse). Ainsi lors d'une frappe de cette zone elle subira peu de perte d'énergie qui sera transmise au mieux alors qu'une jambe a une plus faible. Il conclut donc qu'il vaut mieux frapper à l'aîne, où la douleur sera plus forte qu'à une jambe où elle sera moindre. Il fallait toute la logique et les calculs de la Physique pour arriver à cette conclusion... Encore qu'une frappe sur kokotsu (point d'atemi sur le tibia) est particulièrement douloureuse.

L'auteur étudie le gyaku-tsuki (et non l'oï-tsuki afin de ne pas compliquer le calcul car il faudrait alors tenir compte du transfert d'énergie produit lors de l'avancée du corps).

<sup>10</sup> Miller J.C., Amer. J. Phys. (1954) **22**, 409.

Il est connu que le facteur important est la vitesse (l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse :  $E_c = 1/2 mv^2$ ); celle-ci est mesurée par l'utilisation d'une caméra stroboscopique. Les résultats sont reportés sur le graphe de la figure 1 où l'unité de l'axe des abscisses est la longueur du bras. Le déplacement est donc compris entre 0 et 1.



-Vitesse du poing en fonction du déplacement-

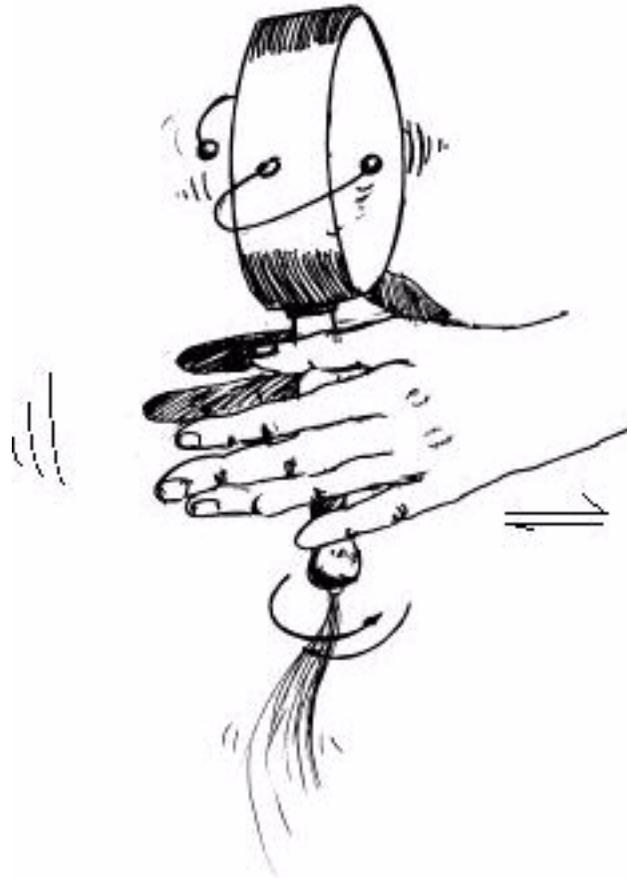
Figure 1

L'aspect de la courbe obtenue est surprenant. L'auteur ne donne aucune explication. Il constate seulement que la maximum de la vitesse est atteint au 3/4 du déplacement.

## 2-Comment expliquer la chute de la vitesse à mi-déplacement?

Nous pouvons oser proposer une explication (bien que l'auteur n'aborde pas ce point) en examinant le travail musculaire lors d'un tsuki. Au départ, le poing est en supination. Pendant la première phase du mouvement le travail le plus important est fourni par le biceps brachial et le pectoral. A mi-distance, les muscles antagonistes et agonistes (triceps et biceps) du bras s'opposent et la vitesse chute brutalement. Pendant la troisième phase, la poussée reprend car plusieurs groupes musculaires participent alors au mouvement (le biceps est en tension, mais le deltoïde, le grand dentelé (sous le bras) et le triceps travaillent), la vitesse augmente donc de plus en plus pour enfin atteindre son maximum. En fin de mouvement la majorité des muscles sont tendus et la vitesse chute de nouveau brutalement.

Pendant ce geste il faut noter le rôle du hikite qui n'apporte pas d'énergie par lui même mais favorise la vitesse de déplacement du bras en créant un couple de force dont l'axe est la colonne vertébrale (en plus de celui créé par la rotation du poignet durant le mouvement de prosupination). Ce travail rappelle le tambourin d'Okinawa où les deux masselottes frappent les deux faces du tambourin, entraînées par la rotation (Figure 2 : voir la scène finale du film "Karaté-kid 2" pour les cinéphiles...).



-Analogie de l'hikite et du tambourin d'Okinawa-  
Figure 2

Revenons sur le travail de Walker. L'auteur considère  $M_2$  comme la masse du poing qui attaque. Celui-ci représente à peu près 10% de la masse corporelle, soit 7 kg pour un homme de 70 kg. L'énergie développée pendant la frappe est donc, à la vitesse de  $7 \text{ ms}^{-1}$  :

$$E = 1/2 \cdot 7 \cdot 70 \cdot 72 / (7 + 70) = 156 \text{ J}$$

car  $M_1 = 70 \text{ kg}$ ,  $M_2 = 7 \text{ kg}$ ,  $v = 7 \text{ m/s}$

L'énergie développée à la fin de la technique est donc de 156 joules<sup>11</sup>.

*La vitesse maximum est atteinte à 70% du déplacement soit à peu près à 10-14 cm avant l'extension maximale. C'est à ce moment que l'énergie est maximum et c'est donc à ce moment que doit se situer la frappe.*

### 3-Quelle est l'importance de la rotation du poing pendant la technique?

Comme nous l'avons déjà vu, le poing passe de la position en supination en pronation. Afin de modéliser ce travail, l'auteur assimile le bras à un cylindre de 3 cm de rayon. L'énergie de rotation est alors:

$$E = M_2 v^2 \omega^2 / 4 = 0,4 \text{ J}$$

Cette énergie est négligeable devant les 156 J dus à la frappe elle-même. Selon les écoles cette rotation a lieu plus ou moins tôt durant la technique. En fait, il nous semble évident que le travail est beaucoup facilité lorsque les os de l'avant-bras sont parallèles (poussée maximum). Après la rotation les os et les muscles se croisent, ce qui a pour conséquence de rigidifier l'avant-bras. Cette rotation n'amène pas un surcroît d'énergie mais pendant la première partie du geste permet une rapidité plus importante et à la fin une solidification du bras. La rotation la plus tardive nous semble la plus favorable.

## 1-2-Force à l'impact

### 1-Calcul de l'accélération

Si l'on considère un bras de 7 kg (10% de la masse corporelle), la quantité de mouvement  $q$  est :

$$q = mv = 7 \cdot 7 = 49 \text{ kg m s}^{-1}$$

L'impact d'après Nakayama<sup>12</sup> ne dure que 10 millisecondes (nous verrons plus loin qu'il est beaucoup plus court), la force à l'impact peut alors atteindre 4900 N.

Une tête représente 8% de la masse d'un corps soit, en moyenne 5,6 kg pour un homme de 70 kg. La force de 4900 N<sup>13</sup> correspond donc à une accélération  $\gamma$  calculée selon l'équation suivante :

<sup>11</sup> 1 joule est l'énergie nécessaire pour lever 1 kg de 10 cm

<sup>12</sup> Nakayama H., *Dynamic Karate* (Kodansha, Palo Alto, CA, 1966) p. 13.

$$F = m\gamma \text{ soit}$$

$$\gamma = F/M = 4900 / 5,6 = 875 \text{ ms}^{-2}.$$

Cette valeur correspond à peu près à 89 fois l'accélération de la pesanteur or, d'après Walker cet impact serait 2,5 fois trop faible pour être fatal mais néanmoins suffisant pour provoquer un évanouissement.

Ces calculs restent néanmoins très théoriques et une question fondamentale reste en suspend :

## 2-Un atemi est-il capable de briser un os?

Afin de répondre à cette question il est nécessaire de connaître la pression qu'est susceptible de supporter un os.

Si un os droit de longueur  $L$  est étiré par ses extrémités par une force  $F$ , il s'allonge de  $\delta l$  proportionnellement à la force  $F$  et à la longueur totale :

$$\delta l = kFL$$

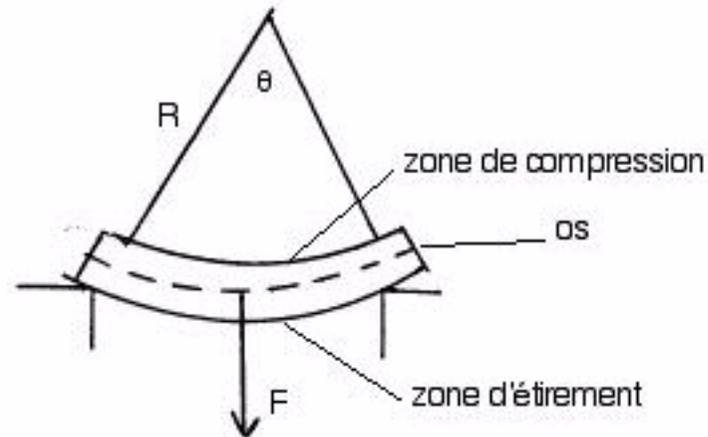
Ce qui peut s'écrire :

$$\delta l / L = kF = \varepsilon = \sigma / \Sigma$$

où  $\sigma$  est la pression et  $\Sigma$  le coefficient d'élasticité de Young .

---

<sup>13</sup> Un newton (unité de poids) correspond à peu près au poids (et non à la masse...) exercé par une pomme...!



-Etirement d'un os soutenu par ses deux extrémités-  
Figure 3

Si maintenant une force est appliquée à un os tenu par ses deux extrémités, en son milieu, la courbure provoquée par celle-ci va induire une compression sur la face interne et une élongation sur la face externe. La pression est en tout point exprimée par une fonction de  $y$  (écart par rapport au repos en ce point) (Figure 3) :

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \delta l / L = y \theta / R \theta = y / R \quad \text{soit} \\ \sigma &= y \Sigma / R \quad \text{Eq 4} \end{aligned}$$

Les forces externes sur l'os créent des couples de torsion. Le couple exercé sur l'élément  $dA$  de la section A à la distance  $y$  de l'axe  $OO'$  est :

$$d\tau = y \sigma dA$$

Le couple total exercé sur A est donc  $\tau$  tel que :

$$\tau = \int d\tau = \int y \sigma dA$$

Or d'après l'équation 4 :

$$\sigma = y \Sigma / R \quad \text{soit} \quad \tau = \bullet (y \Sigma / R) y dA$$

$$\tau = (\Sigma / R) \bullet y^2 dA = \Sigma I / R \quad \text{où}$$

$$I = \bullet y^2 dA$$

A l'équilibre (sans rupture de l'os) :

$$(F/2) (L/2) = \Sigma I / R$$

A la rupture les courbures maxima sont atteintes,  $\sigma$  prend la valeur  $\sigma_u$  qui est le coefficient de rupture.

A partir des équations précédentes Walker on obtient la valeur de la force F :

$$F = 4 \Sigma I / R L = 4 I \sigma_u / La$$

Or un os humain humide supporte une pression maximale de  $2 \cdot 10^8 \text{ Nm}^{-2}$ .

Si on approxime l'os à un cylindre de 1 cm de rayon et de 20 cm de long, le couple est

$$I = \pi a^4 / 4 \quad \text{et}$$

$$F_{\max} = 4 I \sigma_u / La = 3142 \text{ N}$$

Le centre de l'os est alors courbé de moins de 1 cm.

*Ainsi si l'on admet que lorsqu'on applique à un os tenu par ses deux extrémités une force statique, et que cette situation est à peu de chose près équivalente à celle de la frappe, un karate-ka pourra alors facilement casser un os d'un coup de poing.*

Enfin Walker applique ces calculs à la casse de planches de pin et de briques.

D'après cet auteur la pression maximale que peut supporter une planche de pin est de  $7 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-2}$ . Une brique quant à elle supporte une pression maximale de  $6 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-2}$ .

Or en appliquant le même calcul que dans le cas de l'os, on trouve une valeur limite de 3111 N pour le pin et 3200 N pour la brique : ce qui est très inférieur à la force exercée par le karate-ka.

*La casse est donc facile...*

## 2-ETUDE DE M.S. FELD, R.E. McNAIR ET S. WILK<sup>14</sup>

Dans un article intitulé "Physic of Karate", ces trois chercheurs du Massachusetts Institute of Technology ont étudié, sous différents aspects et selon plusieurs approches, l'atemi de karate. Ils se sont centrés pour des raisons de simplification d'étude, sur otoshi-tettsui-uchi.

### 2-1-Etude par analogie avec un ressort

Les auteurs analysent la casse de différents matériaux : planches de pin et bloc de béton. Durant la frappe le bloc est déformé, la partie supérieure est comprimée alors que la partie inférieure est étirée (comme déjà signalé par Walker précédemment). Le bois et le béton sont moins résistants à l'étirement qu'à la compression. Ainsi le bloc de béton ou la planche de bois commence à casser par la surface inférieure et la cassure se propage rapidement alors que la main continue à forcer vers le bas. On peut donc assimiler la surface inférieure à un ressort hélicoïdal qui résiste à la pression de la main avec une force  $F$  proportionnelle à la tension :

$$F = k E$$

où  $F$  est la force exercée,  $E$  l'extension et  $k$  une caractéristique du ressort.

Ainsi la contrainte provenant de la main est analogue à la force ou à la résistance à l'extension, à un coefficient multiplicatif près. Quand la pression atteint la valeur critique (appelée coefficient de rupture :  $\sigma$ ), le bloc ou la planche casse. Les équations bien connues d'un tel système (ressort hélicoïdal) sont donc applicables ici.

L'énergie nécessaire pour la cassure est bien entendu directement proportionnelle au volume de la planche et inversement proportionnelle au coefficient d'élasticité  $\Sigma$  : plus le bloc est rigide ( $\Sigma$  faible) moins d'énergie sera nécessaire pour la rupture car peu d'énergie sera dépensée dans son étirement. On a donc approximativement accès à l'énergie critique, bien que les propriétés d'une planche de bois ou d'un bloc de béton soient relativement différentes de celles d'un ressort.

En particulier il est nécessaire de connaître  $\Sigma$  et  $\sigma$  pour chaque matériau utilisé. Ces deux paramètres ne sont pas accessibles dans la littérature scientifique. Les auteurs les déterminent en utilisant une presse hydraulique et en enregistrant la courbure des matériaux en fonction de la force appliquée.

---

<sup>14</sup> Feld M.S., McNair R.E., Wilk S., *Scientific American* (1979) **240:4**, 110-118.

Ainsi, le bois assez flexible, nécessite une courbure d'approximativement 1 cm pour casser soit une force de 500 N. Le béton nécessite une courbure de 1 mm mais requiert une force de 2500 à 3000 N.

De là les auteurs déterminent le coefficient d'élasticité  $\Sigma$  pour le bois est de  $1,4 \cdot 10^8 \text{ N m}^{-2}$  et  $\sigma = 3,6 \cdot 10^8 \text{ N m}^{-2}$  et pour le béton  $\Sigma$  est de  $2,8 \cdot 10^9 \text{ N m}^{-2}$  et  $\sigma = 4,5 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2}$

L'énergie nécessaire est donnée par la formule :

$$E = V \sigma^2 / 2\Sigma$$

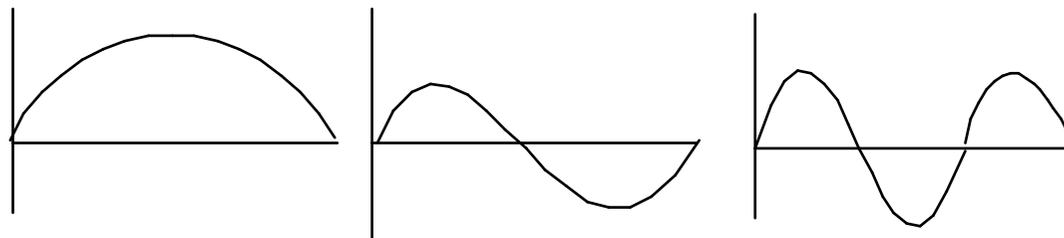
On a ainsi accès à l'énergie critique pour le bois (32 J) et pour le béton (10 J).

Or les mesures montrent qu'un karate-ka développe une énergie de 100 joules, énergie plus que nécessaire pour la casse de ces matériaux. Ce travail confirme donc bien le précédent.

Afin d'améliorer les résultats ces auteurs utilisent les propriétés acoustiques des matériaux lors de l'exercice de casse avec le poing.

## 2-2-Etude par les propriétés acoustiques

Quand un objet est frappé, il vibre et propage les ondes de vibration à travers le matériau et des ondes sonores. Le même phénomène a lieu lors d'une frappe de planche et les équations complexes qui décrivent le phénomène général de vibration peuvent être utilisées ici, si bien que la planche est alors assimilée à une corde de violon. Lorsqu'une corde est pincée doucement, seul le ton fondamental est excité et le mouvement résultant est simple. Lorsque le pincement est plus vigoureux, le résultat est plus complexe et d'autres tons sont excités (plusieurs harmoniques) (Figure 4).



-Ondes et harmoniques-  
Figure 4

Lors d'une frappe de karaté seul le mode fondamental est excité car la main et la cible interagissent pendant un temps très court (quelques millisecondes). Cela simplifie grandement les calculs. En utilisant ces équations les auteurs montrent que les énergies critiques calculées précédemment sont six fois trop importantes. Ainsi les nouvelles valeurs obtenues sont de 5,3 J et 1,6 J pour la casse du bois et

du béton respectivement. Les forces nécessaires pendant la frappe sont de 670 N et 3100 N pour le bois et le béton. Il faut donc une force cinq fois plus forte pour casser le bloc de béton que pour casser la planche de bois mais seulement un tiers de l'énergie. Ce résultat apparemment curieux est dû au fait que l'énergie est le produit de la force et de la déflexion. Or le bois plie 16 fois plus que le béton si bien que son énergie critique est beaucoup plus importante.

Ainsi, il semblerait que le béton soit plus facile à casser, or l'expérience montre le contraire... En effet lors de la frappe toute l'énergie n'est pas libérée dans la cible. Ce transfert dépend des masses relatives de la main et de la cible. Dans le cas du bois, la cible est moins massive que la main, elle absorbe la plupart de l'énergie. Dans le cas du béton, plus massif que la main, seule une partie de l'énergie est transmise.

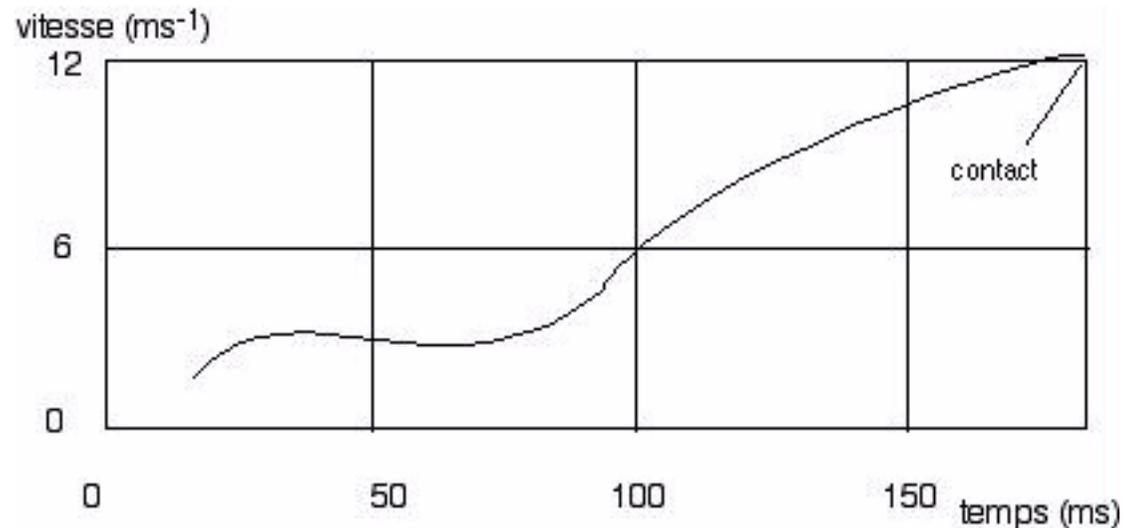
### **D'où provient ce déficit d'énergie?**

Dans un choc élastique l'énergie est totalement transmise (cas du carreau en pétanque déjà cité, où la "boule projectile" reste sur place alors la "boule cible" est éjectée avec la même vitesse). Lors d'un atemi, les photos stroboscopiques montrent qu'à l'impact la main et le bloc de béton se déplacent ensemble pendant toute la casse. Le choc est inélastique et l'énergie n'est pas intégralement transmise, une partie est consommée par la déformation et le déplacement de la main. Plus la cible est lourde et moins l'énergie cinétique est transmise pour le déplacement et plus dans la déformation, ce qui est surtout le cas pour le béton. Une approximation peut être faite en admettant un choc totalement inélastique. En appliquant alors les lois de la cinématique décrivant les mouvement des objets entrant en collision inélastique, et en tenant compte de l'énergie critique déjà calculée, l'énergie nécessaire pour casser les blocs de béton est de 8,9 J et de 6,4 J pour le bois. (Fallait-il encore montrer pour s'en convaincre que le bois casse plus facilement que le béton?)

### **2-3-Etude de la vitesse et de l'accélération lors des techniques.**

Là encore l'utilisation des flashes stroboscopiques (120 éclairs par seconde) a permis de mesurer les vitesses.

Ainsi avec otoshi-shuto-uchi et tetsui la vitesse mesurée est de 10-14 m/s. En tsuki elle varie de 5,7-9,8 m/s. La courbe suivante (Figure 5) montre que la vitesse n'est pas uniforme lors du tetsui : elle maximum à 12 m/s. Lors d'autres essais, les auteurs atteignent 14 m/s. Enfin il faut signaler que pour cette technique le corps participe de façon importante à l'action, ce qui sur-ajoute de la puissance lors du choc.



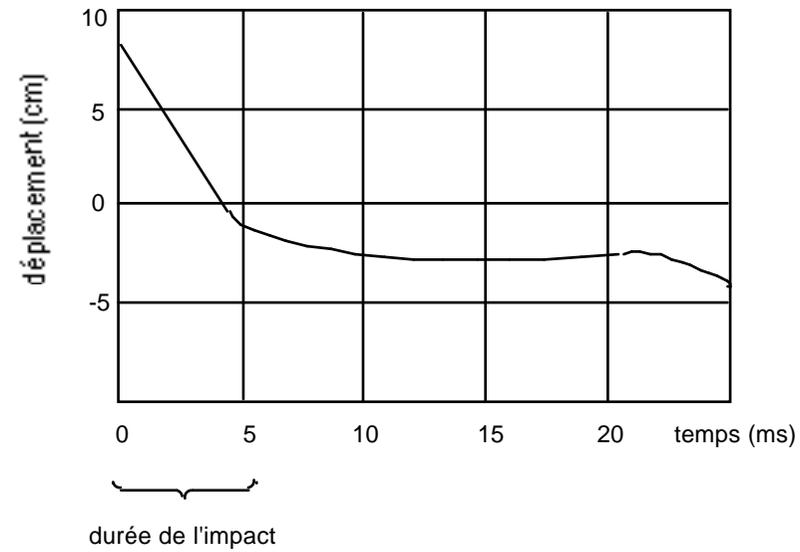
-Vitesse du poing en fonction du temps lors de otoshi-tetsui-uchi-  
Figure 5

En mae-geri le pied acquiert une vitesse de 9,9 à 14,4 m/s et en mawashi-geri de 7-11 m/s. Le pic de vitesse en tetsui correspond à une énergie de 50-100 J qui est très supérieure au 6,4 J nécessaires.

Dans cette expérience les éclairs des flashes ne sont pas suffisamment rapprochés pour étudier avec précision l'**instant** de la frappe. Ainsi, une seconde expérience est réalisée avec une succession beaucoup plus rapide d'éclairs. Une série de photos est donc prise avec des écarts de temps de l'ordre du millième de seconde. On s'aperçoit alors que la collision est achevée et que la planche se rompt après un temps relativement long, en effet les photos montrent un temps de contact important (tout est relatif...) entre la main et la planche : ces événements sont successifs.

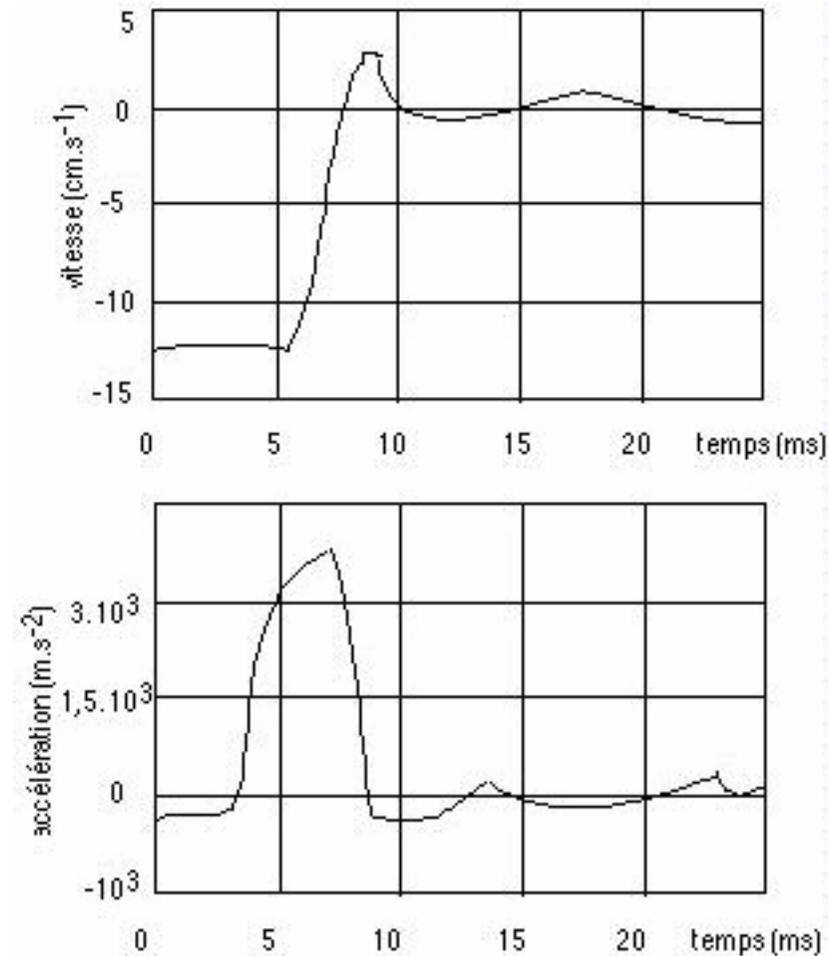
Plusieurs paramètres dans ce calcul sont négligés, en particulier la déformation de la main.  
Cette étude montre (Figure 6):

- que l'impact a lieu sur 5 millisecondes,



-Etude déplacement du poing par rapport à la cible en fonction du temps à proximité du choc-  
Figure 6

- que pendant la frappe le poing subit une décélération brutale de  $3500 \text{ m.s}^{-2}$ ,



-Etude de la vitesse et de l'accélération du poing lors de otoshi-tetsui-uchi-  
Figure 7

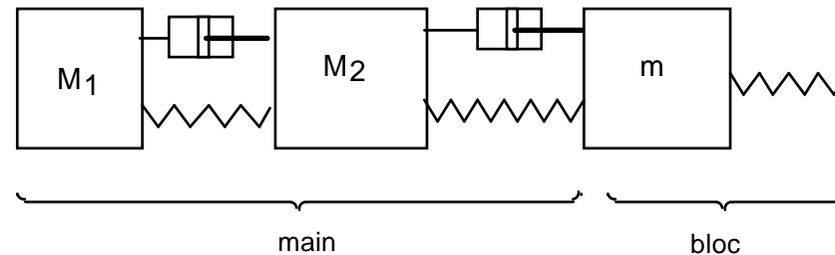
- une distorsion et un écrasement important du poing (nous en reparlons plus loin),
- et que le bloc se brise par sa partie inférieure après avoir été courbé seulement pendant 1 milliseconde.

Ainsi sachant que le pic de force est le produit de la masse du poing et de son accélération, si la masse est de 700 grammes, la force exercée est de 2400 à 2800 N. (Pour le bois le même calcul n'a pas pu être réalisé car la décélération est trop faible, la planche cassant trop facilement).

## 2-4-Etude à l'aide du modèle dynamique de J.W. Mishoe et C.W. Suggs

Les auteurs ont aussi testé un modèle développé à l'Université de Caroline du Nord par Mishoe et Suggs pour étudier les vibrations générées par les machines industrielles. La main est traitée comme un objet solide composé de trois masses :

- la peau sur la main,
- les tissus directement sous la peau,
- le reste de la main représentant 90% du total, le tout lié par des ressorts et des amortisseurs. Dans le cas qui nous intéresse, la main est simplifiée à seulement deux masses  $M_1$  et  $M_2$  car la peau est ici négligeable.



-Analogie de la main avec un système de ressorts et de pistons-

Figure 8

Lors du contact, on admet que le bloc de béton est modélisé par une masse  $m$  reliée par un ressort et un amortisseur au reste du système.

Les différents paramètres ont déjà été mesurés par l'étude acoustique précédente. En utilisant les équations décrites par Mishoe et Suggs, les auteurs trouvent que la main doit transmettre une énergie de 12,3 J pour casser le bois et 37,1 J pour le béton (valeurs plus élevées que celles trouvées par le modèle de collision) et que les vitesses doivent être de 6,1 m/s et 10,6 m/s respectivement. Cela est en accord avec le fait que les débutants peuvent casser une planche de bois mais pas un bloc de béton car si 6,1 m/s est accessible à un débutant, 10 m/s nécessite un entraînement assidu.

## 2-5-Pourquoi la main ne se fracture pas lors du choc?

La première observation est que l'os est plus solide que le béton, dans les conditions de l'expérience. En effet, si un os de 2 cm de diamètre et de 6 cm de long est posé sur ses extrémités, il pourrait supporter une force en son centre de plus de 2500 N qui est six fois plus importante que celle exercée par l'atemi lors de la casse de ce même bloc. Cette résistance est due au fait que la main n'est pas constituée d'un seul os mais d'un ensemble rassemblés par des tissus élastiques. Enfin dans l'épreuve de casse la main n'est pas bloquée à ses extrémités, à la différence du bloc de béton dont la frappe a lieu en son milieu. Lors de l'impact, les os bougent les uns par rapport

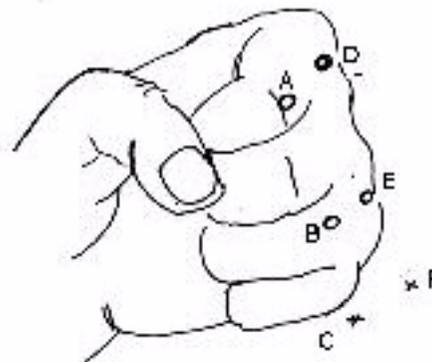
aux autres et la pression est transmise aux tissus environnant. C'est ce qu'on appelle un "choc mou". Ainsi une partie de l'énergie est absorbée par la peau et les muscles et une partie est même transmise à tout le corps. Il y a donc en partie dispersion de celle-ci. Lors de la frappe en otoshi-tetsui-uchi, le contact a lieu sur le cinquième métacarpien, particulièrement fragile mais qui est protégé par un muscle tendu et gonflé au maximum, l'abducteur appelé *digiti minimi*. Ce "coussin" absorbe une partie de l'énergie.

Lors d'une frappe en shuto uchi ou en yoko-geri (avec sokuto), la position du corps est très importante pour absorber le choc. Les auteurs admettent que lors du sokuto le corps peut supporter une force 2000 fois plus importante que celle nécessaire à la casse du bloc de béton ou de planches de bois à condition bien sûr d'une bonne technique et d'un positionnement du corps juste. Ainsi un karate-ka casse plusieurs planches de bois, à condition que celles-ci soient séparées par un petit espace; la première pièce cassée basculant vers le bas, acquiert un moment angulaire qui s'ajoute à l'énergie transmise ce qui suffit pour casser la deuxième planche etc...Ainsi la force nécessaire pour casser huit planches est inférieure à huit fois la force nécessaire pour en casser une.

### 2-6-Déformation du poing lors de l'atemi

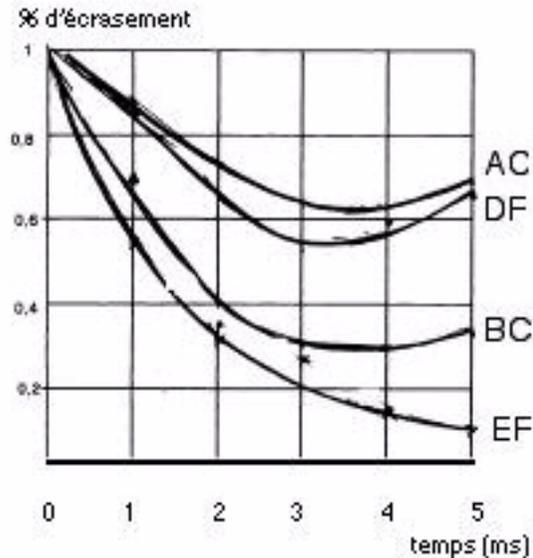
Les auteurs ont montré que le poing subit un écrasement lors de la casse d'un bloc de béton par des séquences de photos stroboscopiques mais sans aller plus loin. **Il nous a paru intéressant de reprendre leurs photos et de calculer les déformations de celui-ci afin d'en vérifier l'importance.**

Dans ces photographies, les auteurs ont placé quatre marques blanches sur le poing (Figure 9). L'écrasement du poing peut être appréhendé par les distances AC, BC, DF et DE (axe des ordonnées). Les déformations peuvent être appréhendées par l'écart entre les perpendiculaires en A et C et les perpendiculaires entre B et D (axe des abscisses).



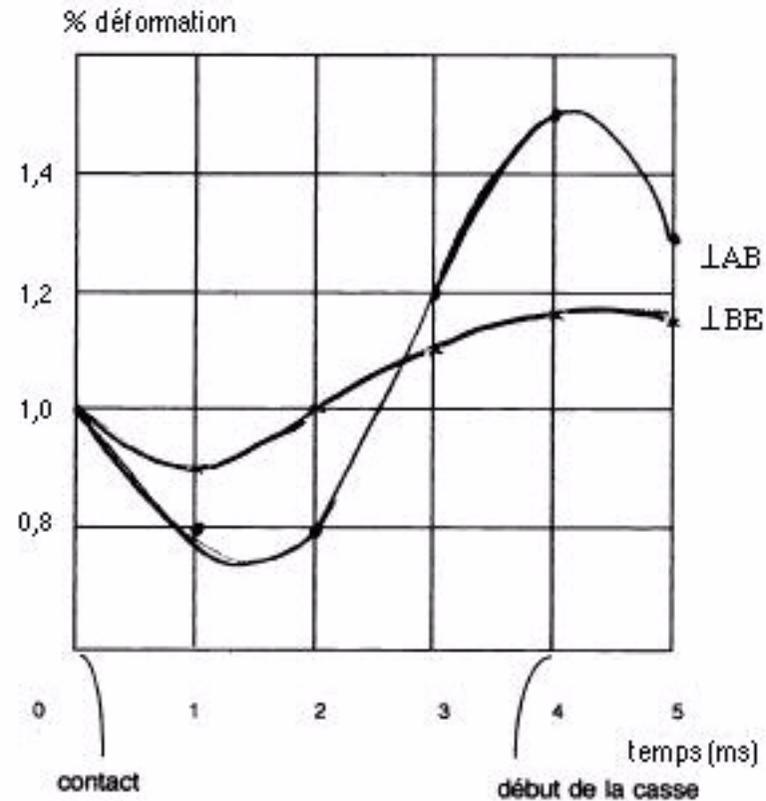
-Le poing et ses quatre marques-  
Figure 9

L'écrasement maximum a lieu 3 millisecondes après le contact (AC, DF et BC le plus petit ) la rupture a lieu 1 milliseconde plus tard alors que EF continue a se déformer.



-Ecrasement du poing lors de otoshi-tetsui-uchi dans l'axe des coordonnées-  
Figure 10

Par contre la courbe représentant les déformations dans l'axe perpendiculaire montre une forme en S (Figure 11). La main subit d'abord une compression dans l'axe des abscisses dès les deux premières millisecondes puis rapidement un élargissement dû à l'écrasement dans l'axe des ordonnées. Cette déformation est maximum au moment de la rupture, puis elle décroît.



-Déformation du poing en otoshi-tetsui-uchi dans l'axe des abscisses-

Figure 11

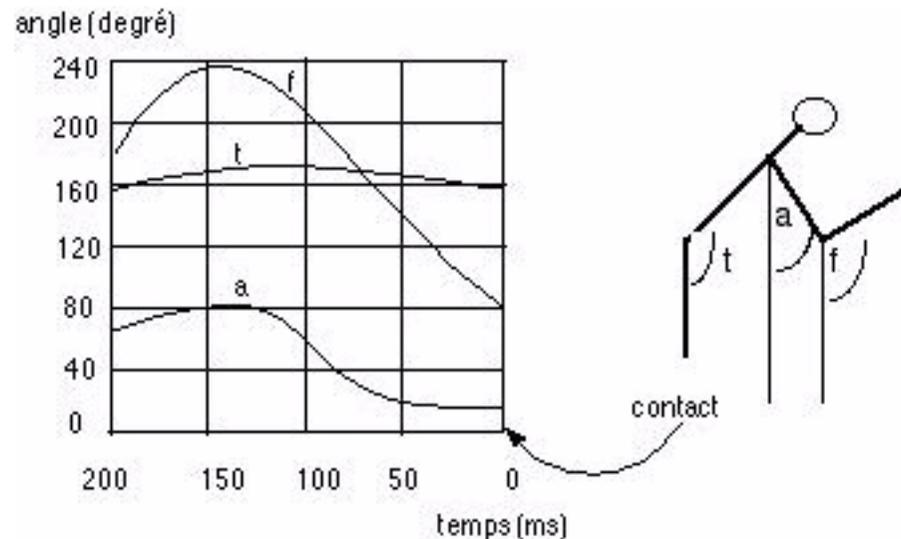
Ces mesures montrent que la main ne peut pas être considérée comme un objet compact et que le choc est bien en partie absorbé par les déformations. Bien évidemment pour éviter tout accident le poing doit être le plus dur possible et que même dans ces conditions des déformations importantes sont constatées.

# 3-ANALYSE BIOMECANIQUE DE CAVANAGH ET LAUDA 15

Ces auteurs étudient la technique de casse par utilisation de cinématographie, en accélérométrie et électromyographie et analysent les événements précédant la rupture de la cible.

## 3-1-Etude du mouvement du bras.

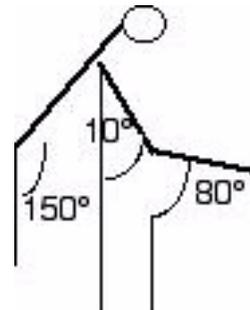
L'étude du mouvement du bras lors d'otoshi-shuto-uchi est réalisée dans le plan sagittal en considérant les angles  $a$ ,  $t$  et  $f$  (Figure 12) :  $a$  représente l'angle d'ouverture de l'épaule,  $f$  celui de l'avant-bras et  $t$  la bascule du corps. Le mouvement dure 150 millisecondes entre le point maximum d'élévation de la main et le contact avec la cible. Le graphe montre que l'orientation du buste reste pratiquement inchangée, sauf en fin de mouvement où une légère inclinaison est constatée.



-Etude des angles d'ouverture du coude et de l'épaule-  
Figure 12

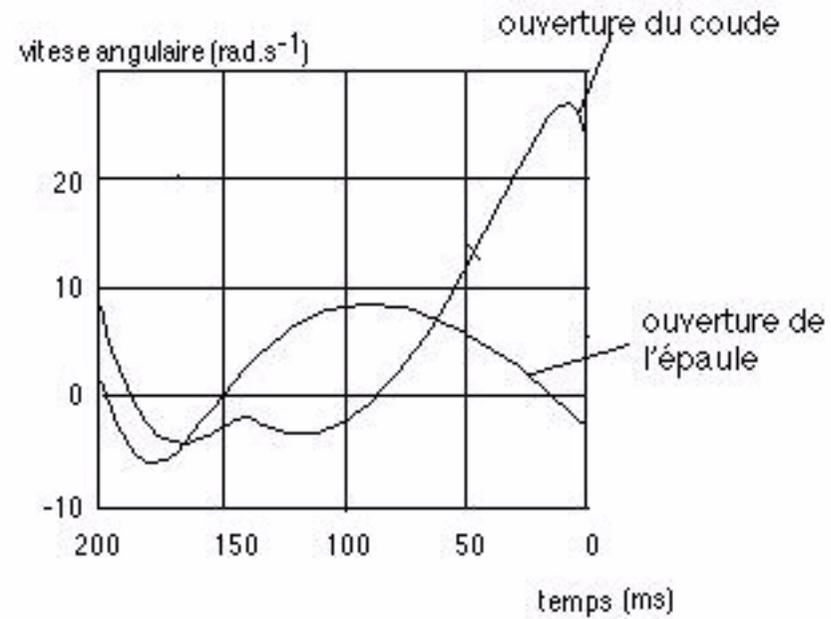
<sup>15</sup> Cavanagh P.R., Lauda J., Res. Q., (1975) 47, (4), 610-618.

La frappe a lieu très près du corps ( $a = 10^\circ$ ) et l'avant-bras est alors pratiquement parallèle au sol ( $f = 80^\circ$ ) (Figure 13).



-Attitude au moment de la frappe-  
Figure 13

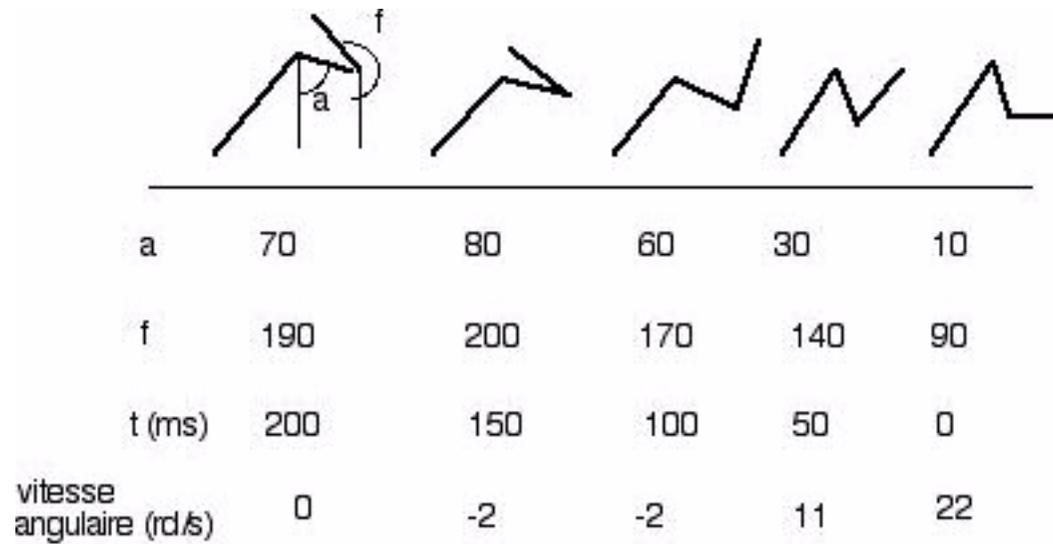
L'étude des vitesses angulaires d'ouverture des articulations est obtenue à partir des données numériques des graphes précédents (différence des angles par unité de temps). Ainsi cette étude montre que la vitesse angulaire passe de zéro à un pic de 9 radians/s (correspondant à l'extension de l'épaule), où le coude n'est pas encore détendu : point A sur le graphe, l'ouverture du coude n'a pas encore commencée, la vitesse angulaire du coude est voisine de zéro). La vitesse maximum de 25 radians/sec de l'ouverture du coude arrive 70 ms plus tard juste avant l'impact. La vitesse de rotation de l'épaule diminue, alors que celle du coude augmente, puis s'annule.



-Etude de la vitesse angulaire-

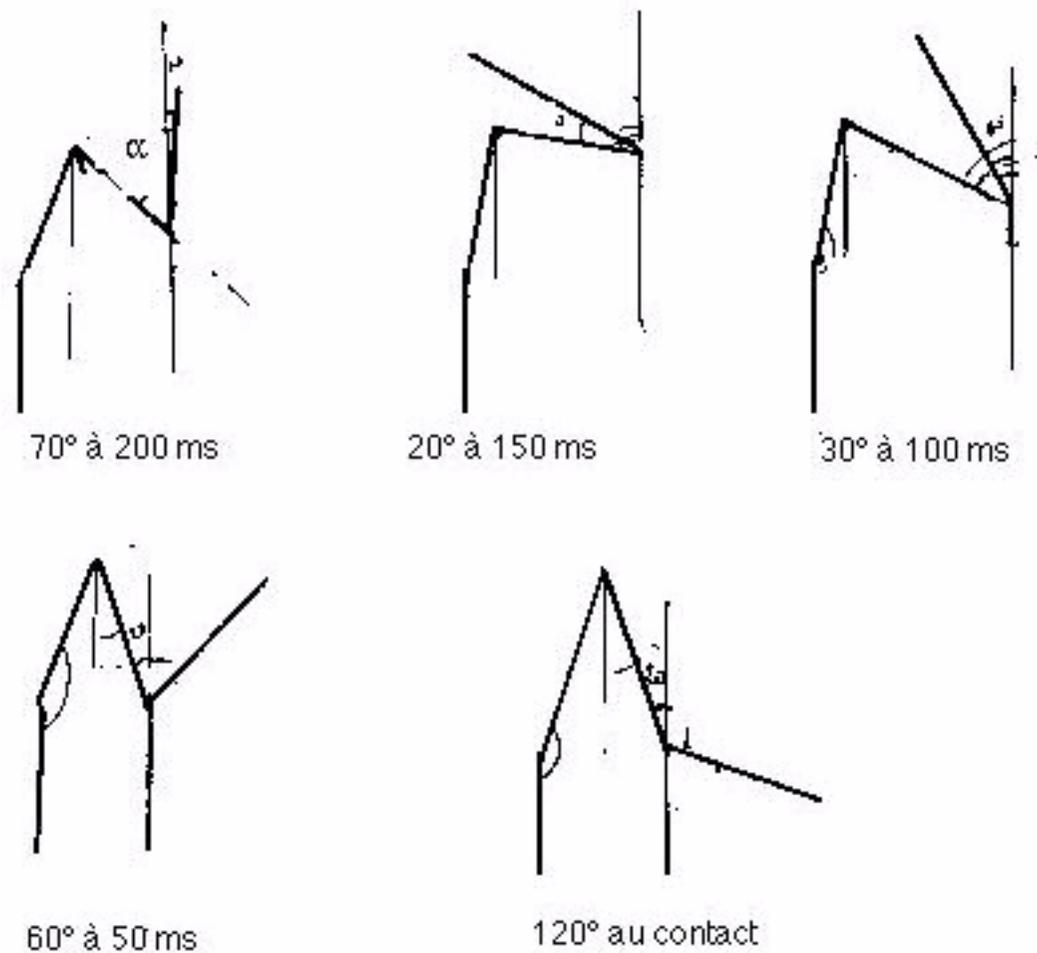
Figure 14

La plus grande vitesse angulaire du coude pour deux sujets étudiés est de 24,5 et 29,5  $\text{rd/s}$ .



-Schéma montrant l'ouverture des angles a et f-  
Figure 15

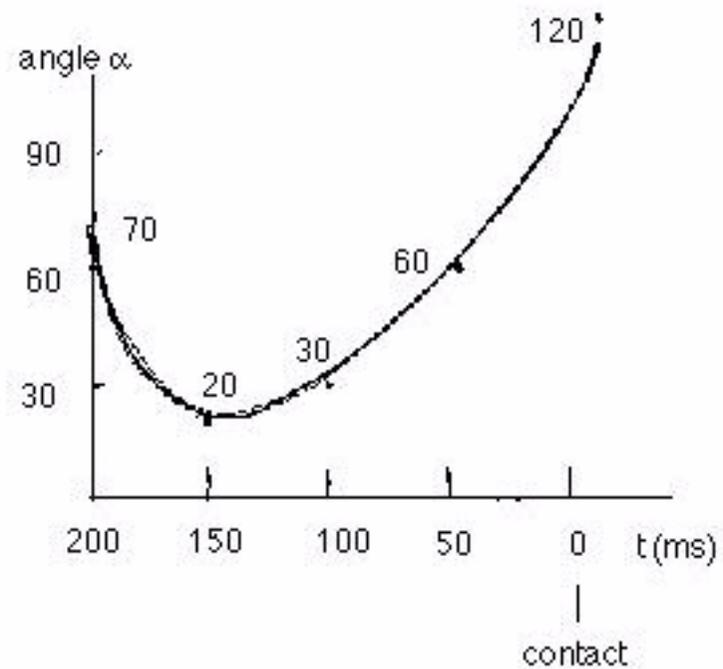
Si l'on re-calcule l'angle d'ouverture du coude avec l'avant-bras, que j'appelle  $\alpha$ , d'après les données des auteurs, et en utilisant les graphes déjà montrés, en appliquant les notions élémentaires de géométrie de calcul d'angle, on s'aperçoit que l'ouverture du coude a bien lieu dans les 70 ms.



-Etude de l'ouverture du coude-

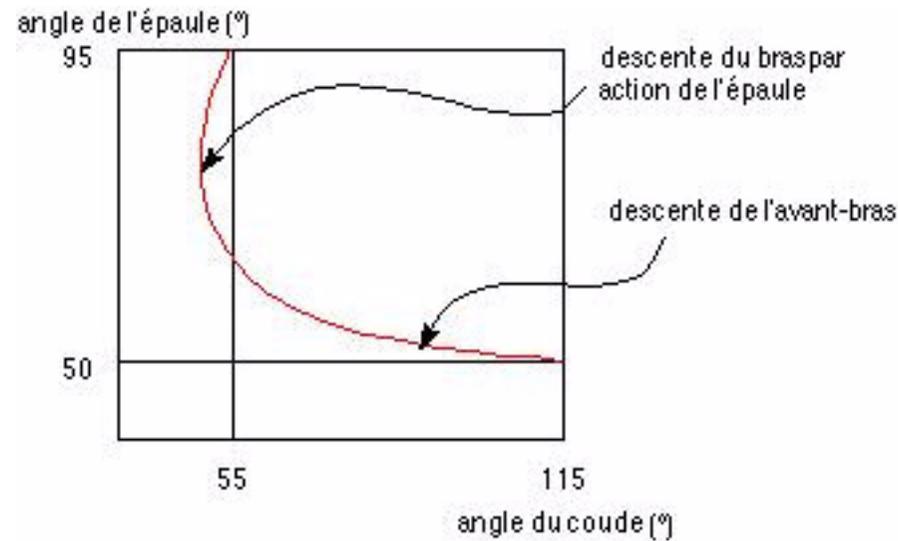
Figure 16

La première partie de la courbe (fermeture de l'angle pendant les 50 premières millisecondes) correspond à la préparation et à la montée du coude (Figure 17) .



-Angle  $\alpha$  (ouverture du bras sur l'avant-bras) en fonction du temps-  
Figure 17

Cela aussi est vérifié par l'étude des auteurs, par une autre technique, qui montre que l'épaule et le coude travaillent simultanément (Figure 18). En effet, s'ils agissaient ensemble, la courbe obtenue serait une droite de pente  $45^\circ$ .



-Ouverture du coude et de l'épaule-

Figure 18

### 3-2-Etude cinétique

La courbe 19 représente l'accélération en fonction du temps à partir du repos<sup>16</sup>. On constate un premier pic d'accélération positive A très tôt à peu près à 100 ms. puis deux pics négatifs B et C séparés entre eux de 100 à 200 ms selon l'expérience (100 ms dans le cas représenté).

<sup>16</sup> Afin de respecter les conventions, l'axe des ordonnées est orienté vers le haut, si bien que l'accélération est négative puisque le mouvement a lieu en sens négatif (de haut en bas).

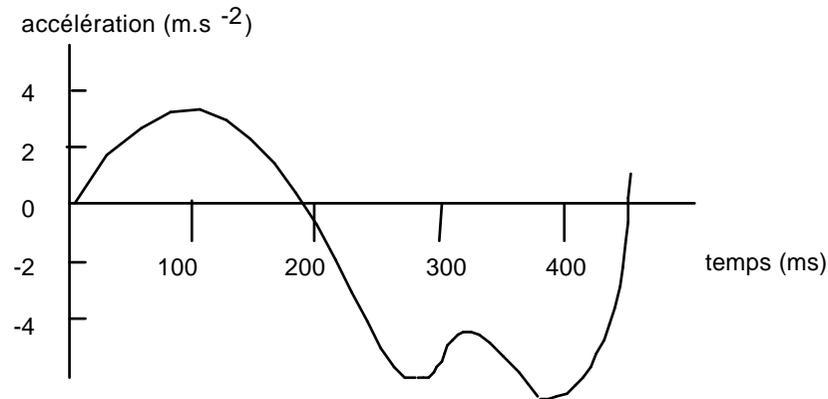
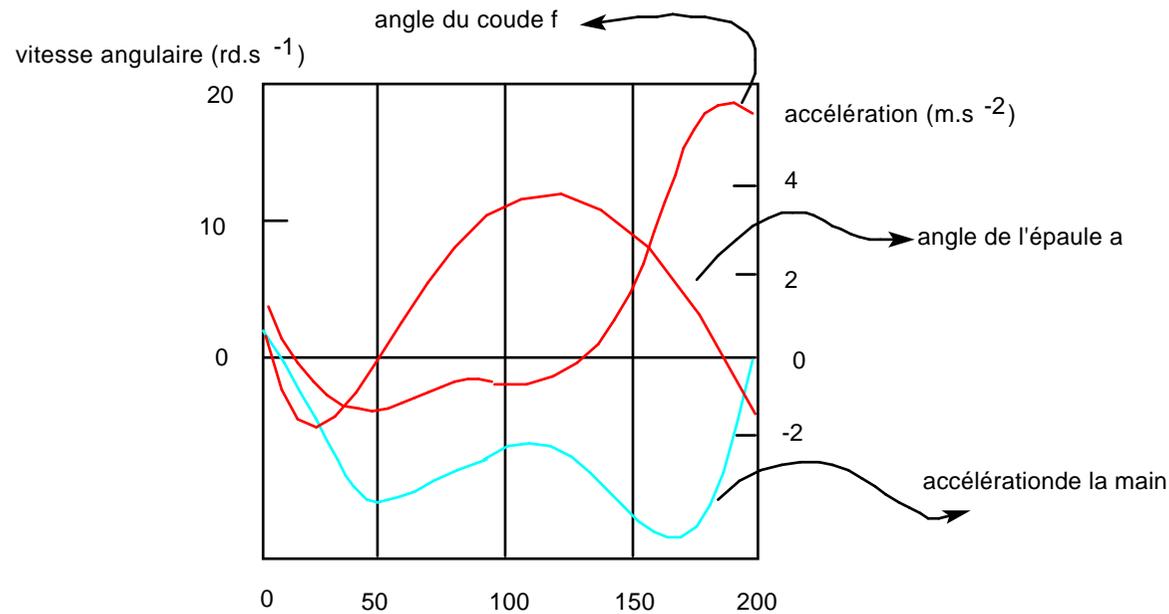


Figure 19

Le premier pic correspond en fait à la limite de flexion du coude, c'est l'initiation du mouvement, le deuxième pic correspond à l'activité des extenseurs du coude et à une accélération de 7g (7 fois l'accélération de la pesanteur) juste avant le contact. Si l'on compare les figures 14 et 19 et qu'on les représente à la même échelle sur la même durée de temps on constate un décalage entre les différentes courbes (Figure 20).

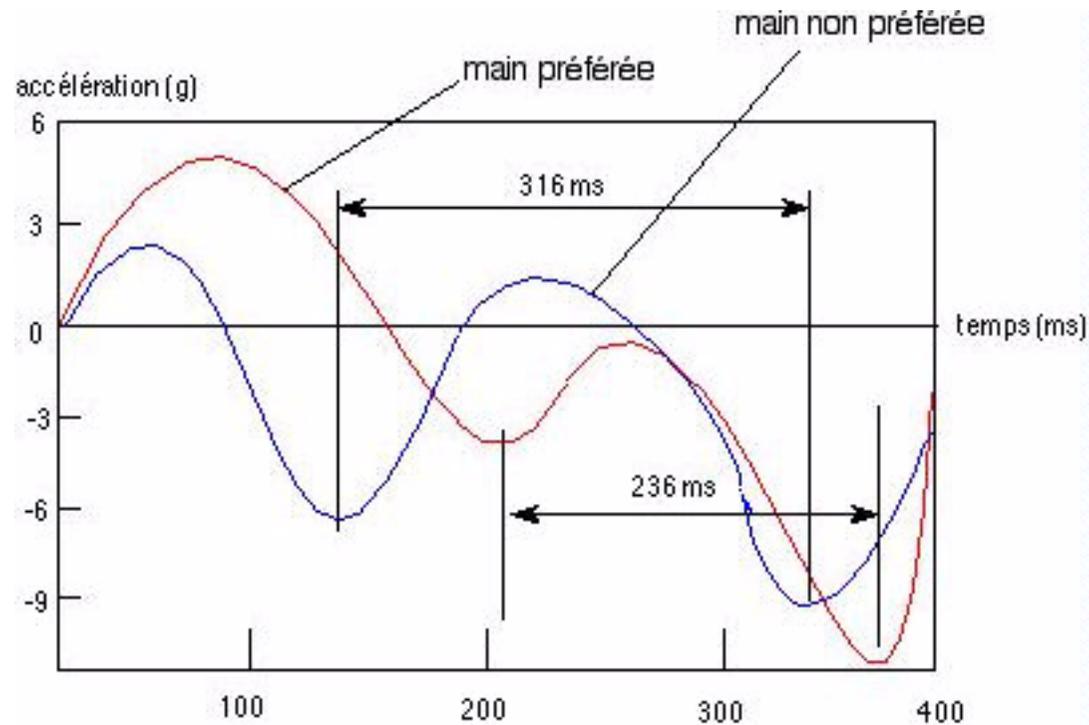


-Vitesse angulaire en fonction du temps-

Figure 20

Ce même profil d'accélération est constaté sur les quatre essais réalisés par les auteurs à peu de chose près. Ce décalage entre la vitesse et l'accélération n'est pas interprété par les auteurs.

Enfin les auteurs réalisent l'étude avec les deux mains en comparaison. Les deux pics négatifs arrivent très tôt (100 ms) mais avec la main non préférée ils sont séparés par un intervalle de 30% plus important (236 ms et 316 ms).

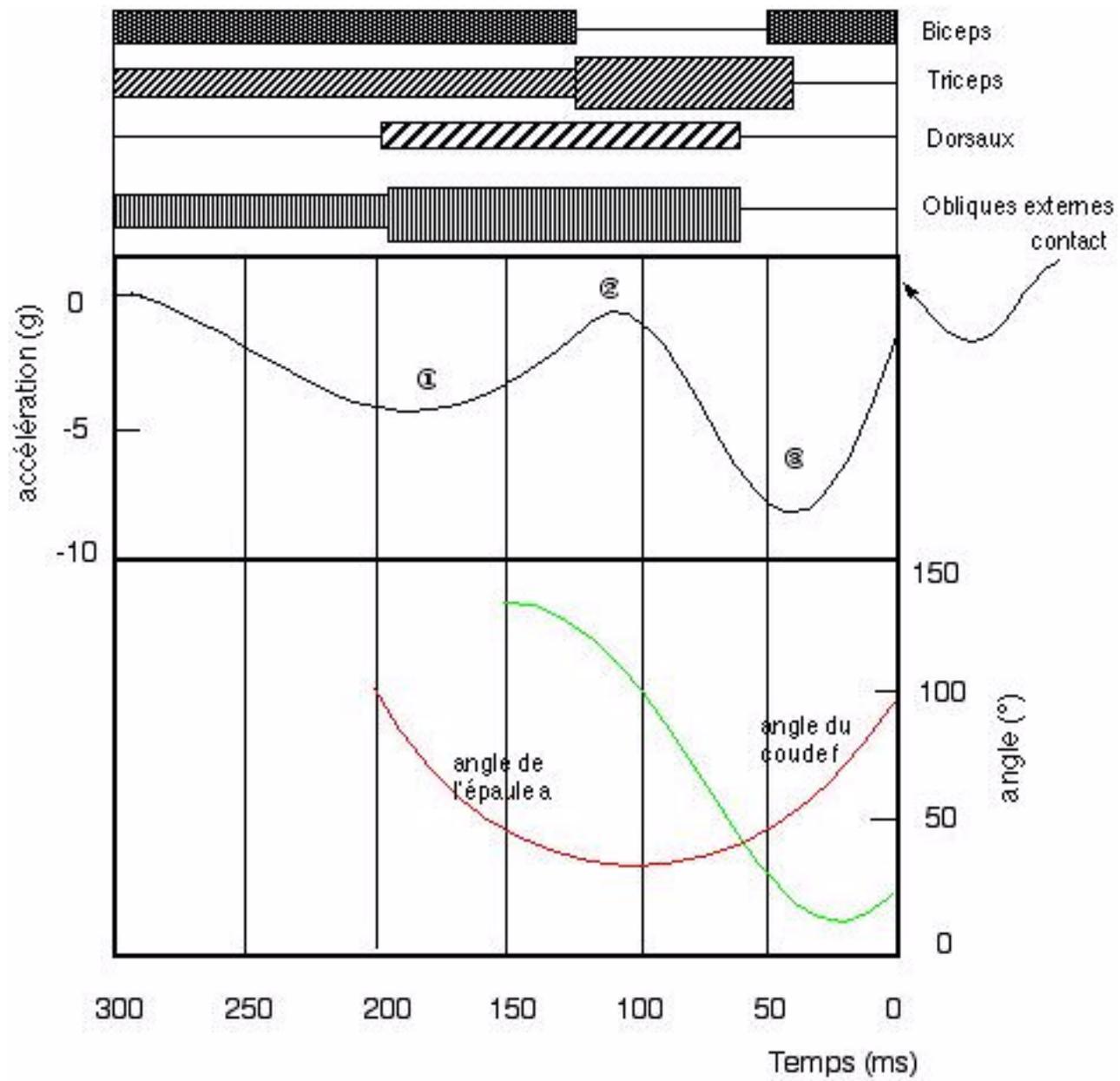


-Etude de l'accélération en fonction des deux mains-  
Figure 21

Les auteurs proposent comme cause le manque de coordination pour la main non préférée.

### 3-3-Etude électromyographique

Cette étude semi quantitative (car tous les éléments ne sont pas quantifiés) montre les deux niveaux d'activité du triceps et des muscles obliques externes par rapport à d'autres muscles.



-Travail musculaire en fonction du temps-  
Figure 22

On constate une activité du biceps en deux temps, et un arrêt du travail d'à peu près 70 ms, alors que le triceps a une action continue jusqu'à 50 ms avant la fin du geste, et ce surtout pendant la durée d'inactivation du biceps. Le maximum du travail des muscles (biceps + triceps + dorsaux + obliques) correspond au premier pic d'accélération ①, 200 ms avant le contact. Ce point correspond à une vitesse angulaire de 5 et 2,5 rd/s (ouverture de f et fermeture de a maximum) puis le geste de descente du bras s'accélère jusqu' en ③ accélération maximum due à la grande augmentation de la vitesse angulaire du coude. On constate que en ② tous les muscles sont bandés jusqu'en ③. Puis le biceps travaille, la chute d'accélération correspond à l'arrêt du travail de nombreux groupes musculaires. On s'aperçoit que l'accélération maximum correspond à l'ouverture du coude. C'est donc le travail de celui-ci qui procure le maximum d'énergie à l'atemi. (Tout cela confirme bien ce que j'avais démontré précédemment avec l'interprétation du travail de McLearn)

### 3-4-Estimation de la force au moment du contact

Ce travail, d'après les auteurs, s'intéresse surtout aux événements précédant l'impact. Malgré tout on peut faire des approximations. A l'impact, l'avant-bras est parallèle au sol. La force de réaction au niveau du coude peut être éliminée si l'on admet que celui-ci joue le rôle de point de rotation. On néglige aussi le poids  $w$  de l'avant-bras qui est négligeable à cause de sa très faible contribution sur la frappe. Le moment angulaire est :

$$M = F I \Delta T$$

$$M = I E (w_0 - w_1)$$

avec :  $I E$  moment d'inertie de l'avant-bras et de la main dans le mouvement autour du coude,  
 $w_0$  et  $w_1$  les vitesses angulaires de l'avant-bras, initiale et à l'impact respectivement.

Or :  $w_1 = 0$  (on admet une vitesse nulle à l'impact), d'où

$$F = I E w_0 / I \Delta T$$

Si on a  $I E = 0,04 \text{ slug ft}^2$  soit  $0,18 \text{ kg m}^2 \text{ rd}^{-1}$  et  $w_0 = 27 \text{ rd/s}$ ,<sup>17</sup>

le temps de contact est compris est inférieur à 5 ms. Les auteurs réalisent donc le calcul dans deux cas de figure : avec 2 et 4 ms.

Ainsi la force développée (et calculée dans ces conditions) est de 540 lbf<sup>18</sup> (soit 2700 N) et 270 lbf (soit 1200 N) respectivement.

Ces valeurs sont de beaucoup supérieures aux valeurs obtenues par d'autres auteurs (voir Vos déjà cité). Les auteurs proposent donc qu'il faudrait affiner cette étude avec des mesures directes et non comme ici indirectes. De même, les valeurs des vitesses angulaires calculées dans ce travail sont toutes supérieures à celles décrites dans les travaux antérieures.

<sup>17</sup> le slug est une unité anglo-saxonne. Ils n'arivent toujours pas à travailler en système MKSA... 1 slug correspond à 14,59 kg...et un pied carré (ft<sup>2</sup>) à 0,0929 m<sup>2</sup>

<sup>18</sup> 1lbf (unité du système de mesure anglo-saxon) correspond à 0,453 kgf soit 4,4 N en unité Système International (SI ou MKSA).

## CONCLUSION

Les différents travaux que nous avons pu consulter se complètent assez bien car ils étudient chacun des techniques différentes : tsuki, otoshi-tetsui-uchi et otoshi-shuto-uchi.  
Que peut-on en retenir ?

-Walker montre que le tsuki développe une énergie de 156 J et que la vitesse maximale est observée 10 cm avant la frappe. Le mouvement de prosupination n'amène que peu d'énergie mais permet une solidification du bras au moment du contact. L'accélération au moment de la frappe est de 875 m.s<sup>-2</sup> (ce qui correspond à 89 g).  
La frappe en tsuki fournit donc suffisamment d'énergie pour la casse de planches de pin mais est insuffisante pour être fatale lors d'une frappe réelle. Par contre elle peut facilement briser un os.

-Feld, McNair et Wilk étudie le tetsui-uchi et montre qu'il développe une énergie de 100 J suffisante pour la casse.  
La vitesse est de 10-14 m/s, le contact poing-parpaing est de l'ordre de la milliseconde. L'énergie nécessaire à la casse d'une planche de bois est de 12 J et pour un bloc de béton de 37 J; la vitesse nécessaire est de 6,1 et 10,6 m/s respectivement.  
La main subit une déformation importante mais subit le choc sans dommage.

-Cavanagh et Lauda étudie otoshi-shuto-uchi et calcule la vitesse angulaire d'ouverture du coude et trouvent une valeur de 25 rd/s. Ils montrent le rôle important des muscles du bras et du torse. La force développée est de 540 lbf (270 N) ou 270 lbf (1200 N) pour une durée de contact de 2 à 4 ms.

Enfin, dans ce chapitre traitant de la technique, je pense qu'il est bon de signaler un article de Layton<sup>19</sup> dont le titre est "Speed of Technique and Age in Shotokan Karate". Dans ce travail cet auteur montre que le temps de réaction et la durée du mouvement restent élevés chez les hauts gradés (études des 1er-4ème dan par rapport à un groupe témoin 2ème kyu). Chogu-tsuki, gyaku-tsuki, mawashi-geri sont plus rapides, seul mae-geri ne présentent pas de différence statistiquement parlant par rapport au groupe témoin. Je n'ai pas d'explication valable à ce fait. Peut-être que le mae-geri est une technique plus facile à réaliser et nécessite ainsi, pour des résultats équivalents, en vitesse en tout cas, moins d'entraînement ?  
L'auteur conclue que la technique reste élevée avec l'âge, à condition bien sûr de poursuivre l'entraînement. Qui avait dit que les Arts Martiaux étaient la Voie de la Longue Vie?

---

<sup>19</sup> Layton C., *Percept. Motor Skill* (1993) **76**, 1001-1002.

## QUELQUES DEFINITIONS

Principe de conservation de l'énergie : Lors d'un choc entre deux ou plus objets, l'énergie totale (énergie cinétique, de déformation, d'échauffement ...) du système isolé (défini par ces objets sans intervention de l'environnement) est conservée; cela veut dire qu'il n'y a ni perte d'énergie ni création.

Principe de conservation de la quantité de mouvement : la quantité de mouvement est définie comme étant le produit de la masse et de la vitesse. Celle-ci est inchangée avant et après le choc dans un système isolé.

Energie cinétique : cette énergie ne provient que de la vitesse et de la masse de l'objet en déplacement. Sa valeur est donnée par la formule bien connue :  $\frac{1}{2} \cdot mv^2$ .

Masse réduite : Lors de l'étude d'un choc il peut être pratique de ramener la masse de l'ensemble du système à une masse unique appelée masse réduite qui ne correspond pas à la réalité, mais qui est une équivalence des masses constituant le système : tout se passe comme si les différentes masses constituant le système étaient ramenées à une seule.

Choc élastique : un choc est dit élastique lorsque toute l'énergie est restituée pour le déplacement des objets sans absorption (échauffement ou déformation). Dans un choc inélastique, une partie de l'énergie est consommée en déformation d'un ou des objets et/ ou en échauffement de ceux-ci. A l'extrême, il n'y a plus de déplacement mais seulement un échauffement ou une déformation (c'est le cas des projectiles des armes à feu).

Energie : elle peut s'exprimer à l'aide de différentes unités. L'unité officielle est le Joule, mais selon les cas d'autres unités sont utilisées : la calorie, ou l'erg (ancienne unité de thermodynamique) par exemple.

Moment angulaire : cette grandeur correspond au produit de la vitesse angulaire et de la force appliquée sur l'objet en rotation.

Force : Cette grandeur est exprimée en Newton. Elle est le produit d'une masse (exprimée en kilogramme) par une accélération (de la pesanteur par exemple).

## BIBLIOGRAPHIE

## Articles Scientifiques consultés :

- 1-Crosby A.C., Brit. J. Sports Med., (1985), 19 (1) 41-42.
- 2-McLatcherie, Injury, (1976) 8, (2) 132.
- 3-Neiman E.A., Swan P.G., Brit. Med. J. ,(1971) (1) 233.
- 4-Vaysinat M.,Priollet P.,Caprou L., Hagege A.,Housset C., The Lancet (1984) septembre 1, 529.
- 5-Cantwell J. D. , King Jr. M. D. J. T., J. A. M. A., (1973) 24, June 4, (10), 1424.
- 6-Almer S. , Westerberg C.E., La Presse Médicale (1985) 14, (45), 2299.
- 7- Oler M., Tomson W., Pepe H., Yoon D., Branoff R., Branch J., J. Trauma, (1991) 31:2, 251-3.
- 8-Allochon F. -Thèse de Doctorat de Médecine, n°426 (1989) Lyon1.
- 9-Brissaut P. , La Vie Médicale (1990) 11, juin/1, 467-468.
- 10-Vos J. A., Binkhorst R.A., Nature (1966) 3044, 89-90.
- 11-Walker J.D., Amer. J. Phys. ,(1975) 43 (10) 845-849.
- 12-Miller J.C., Amer. J. Phys. ,(1954) 22, 409.
- 13-Feld M.S., McNair R.E., Wilk S., Scientific American (1979) 240:4, 110-118.
- 14-Cavanagh P.R., Lauda J., Res. Q., (1975) 47, (4), 610-618.
- 15-Layton C., Percept. Motor Skill, (1993) 76, 1001-1002.



## SOMMAIRE

## Introduction

## 1-Etude de Walker

## 1-1-Energie de déformation

1-Etude physique du mouvement

2-Comment expliquer la chute de vitesse à mi-déplacement?

3-Quelle est l'importance de la rotation du poing pendant la technique?

## 1-2-Force à l'Impact

1-Calcul de l'accélération

2-Un atémi peut-il briser un os?

## 2-Etude de Feld, McNair et Wilk

2-1-Etude par analogie avec un ressort

2-2-Etude par les propriétés acoustiques

2-3-Etude des vitesses et accélérations

2-4-Etude à l'aide du modèle dynamique de Mishoe et Suggs

2-5-Pourquoi la main ne se fracture pas lors du choc?

2-6-Déformation du poing lors du choc

## 3-Analyse Biomécanique de Cavanagh et Lauda

3-1-Etude du mouvement du bras lors de otoshi-shuto-uke

3-2-Etude cinétique

3-3-Etude électromyographique

3-4-Estimation de la force au moment de l'impact

Conclusion

4-Quelques définitions

5-Bibliographie

6-Sommaire

