Serge LOPEZ

Puissance d'arrêt, onde de choc, énergie cinétique … … les légendes du siècle !

La puissance d'arrêt est un thème qui au cours du siècle dernier a donné libre cours à l'imagination de nombreux cinéastes. Grâce aux fabricants de munitions, et surtout à l'aide d'images marquantes de malfrats bondissants dus aux impacts provoqués par le désormais célèbre .44 Magnum de l'inspecteur Harry, la notion de puissance d'arrêt est complètement intégrée et adoptée par le grand public.

Ce concept est issu d'expériences malheureuses de militaires américains et anglais, confrontés à l'attaque de « barbares » armés de lances et de machettes. Malgré leurs corps criblés de balles, les assaillants continuaient à courir vers leurs cibles et parvenaient souvent à les frapper avant de s'effondrer mortellement touchés. Les fameux combattants anglais de la bataille d'Isandlwana témoignaient de ces guerriers zoulous capables de les embrocher avec leur *iklwa* (sagaie courte d'estoc inventée par l'empereur Shaka lui-même), alors qu'ils avaient dans le corps des impacts de balles de .577 tirés par les fusils Martini-Henry. Il fallait donc aux corps expéditionnaires un projectile capable de stopper net les agresseurs dans leur charge, sans qu'ils puissent porter un coup décisif.

Il existe aujourd'hui un grand nombre de spécialistes ayant apporté leur contribution à ce concept de puissance d'arrêt. J'ai choisi d'aborder 3 « théories » parmi les plus répandues à l'heure actuelle. Après leur présentation, on envisagera leur limite et on essaiera de retenir les principes les plus importants pour déterminer des critères d'efficacité en termes de balistique lésionnelle.

Taylor et le Knock Out Value

Un des premiers à réfléchir véritablement sur le stopping power est le chasseur John Howard « Pondoro » Taylor. Ce fils de chirurgien irlandais s'est passionné pour la grande chasse en Afrique et est devenu chasseur d'ivoire. Il a mis en place une procédure assez innovante à l'époque pour exercer son métier :

il tire d'abord dans la tête de l'éléphant qu'il convoite ; profitant de sa mise K.O., il s'approche rapidement du pachyderme et l'achève à bout touchant pour pouvoir extraire les défenses et en faire commerce.
On comprend aisément que, pour mettre rapidement hors de combat un éléphant de 4 à 6 tonnes, il est nécessaire de disposer d'une munition à grande puissance. Taylor est tout à fait conscient que c'est l'impulsion de l'ogive lancée dans le crâne de l'animal qui va provoquer le K.O. Après de nombreuses années de réflexion et d'expérimentation, « Pondoro » détermine une formule

permettant d'obtenir la capacité d'une munition à provoquer l'arrêt rapide d'un animal. Il s'est logiquement appuyé sur la quantité de mouvement, qui traduit le mieux l'impulsion d'une balle sur un corps. En s'intéressant aux techniques de boxe, il s'est rendu compte que le poing d'un boxeur ébranle beaucoup plus son adversaire s'il est équipé d'un gant, en augmentant la surface de contact. A puissance égale, un poing nu fait plus de dégâts mais choque moins qu'un poing ganté. Or, le choc provoqué par la balle doit ébranler le cerveau de l'animal. Si le premier tir de Taylor n'est pas mortel, ce n'est pas la priorité. Il tient à mettre l'éléphant K.O. Ensuite, il l'achève avec un calibre plus petit mais tiré à bout portant, et dans le cervelet.

L'équation du KOV (Knock Out Value) déterminée par « Pondoro » est la suivante :

KOV = masse (en grains) x vitesse (en pieds par seconde) x calibre (en pouces) / 7 000 (coefficient pour traduire les grains en pounds)

Le tableau que nous vous proposons présente le KOV de Taylor pour neuf calibres de safari que nous avons retenus.

Calibre	Masse	Vitesse	KOV
9,3x62	286	2400	35,9
375H&H	300	2530	40,7
416 Rigby	400	2350	55,9
458 W	500	2025	66,2
460 Wea	500	2700	88,7
470 NE	500	2150	72,2
500 NE	525	2310	86,6
577 Tyr	750	2460	152,1
700 NE	1000	2000	200,0

Même si ce type de calcul est peu connu chez les chasseurs ou tireurs français, les anglo-saxons connaissent bien cette formule. Dans l'ouvrage de référence, Ammo and Ballistics, écrit par le spécialiste du rechargement Bob Forker, pour chaque calibre recensé, outre la masse, la vitesse, l'énergie cinétique du projectile et le coefficient balistique, le KOV de Taylor est calculé. Cet indicateur a servi pendant de nombreuses décennies dans les pays africains à culture anglo-saxonne. Il était l'élément de référence pour sélectionner et comparer la puissance de K.O. des munitions de safari.

Même si ce concept peut paraître séduisant à première vue, qu'en est-il concrètement de sa portée scientifique ?

➔ *Les limites*

▫ le principal reproche fait à cette « théorie » est l'absence totale de méthode scientifique. S'il s'appuie incontestablement sur la quantité de mouvement (produit de la masse par la vitesse), Taylor a rajouté empiriquement le calibre car il était convaincu que les « big bores » contribuaient plus facilement au K.O. des animaux. Mais il n'a fait aucune expérimentation scientifique le conduisant à sa formule.

▫ les spécialistes physiciens font remarquer à juste titre au sujet de cette formule que l'on mélange dans la même équation, des pieds (dans la vitesse exprimée en pieds par seconde, fps) et des pouces, pour le calibre. L'expression n'est donc pas cohérente en termes de dimensions.

▫ Taylor a utilisé dans sa formule le calibre commercial. Or il aurait été préférable qu'il prenne plutôt le diamètre réel. A titre indicatif, voici une liste non exhaustive mettant en exergue les différences entre intitulé de calibre et diamètre réel.

Calibre commercial	Diamètre retenu	Diamètre réel
378 Weath.	378	375
404 Jeffrey	404	421
425 W&R	425	435
450 NE	450	458
460 Weath.	460	458
470 NE	470	474
500 Jeffrey	500	510
600 NE	600	622

▫ il a construit sa théorie sur ses observations en tant que braconnier. S'il avait besoin de mettre K.O. rapidement les éléphants et les achever ensuite, c'est parce qu'il ne pouvait pas passer de temps à les pister s'ils étaient blessés. Le fait qu'il tirait n'importe où dans l'animal sans procéder à un éventuel pistage a été condamné par de nombreux chasseurs professionnels, gênés qu'un tel individu puisse être à l'origine de théories concernant les pratiques de chasse.

▫ malgré la puissance des calibres qu'il a utilisés, Pondoro a perdu de nombreux animaux. Lorsque Bill Feldstein a essayé pour la première fois le calibre .700 NE sur un éléphant, il tira

dans la tête d'un grand mâle mais n'atteignit pas le cerveau. Non seulement le pachyderme ne fut pas mis K.O, mais en plus il ne mit même pas un genou à terre.
Combien d'éléphants ont reçu des impacts à la tête, sans pour autant que le cerveau ne soit atteint, et sont partis en courant ou ont fait face à leurs agresseurs. Et pourtant, dans de nombreuses situations, les calibres utilisés étaient des .500, .577 ou autre .600 NE. Nombreux sont les chasseurs professionnels que j'ai rencontrés qui doutent fort de la possibilité de « sonner » des grands animaux par des impacts à la tête (en dehors du cerveau !).

Hatcher et le Relative Stopping Power

Un autre personnage, beaucoup plus « politiquement correct », a illustré le concept de la puissance d'arrêt ; il s'agit du Major Général Jullian Hatcher. Ayant servi pendant de nombreuses années dans l'armée américaine, Hatcher a étudié le comportement des munitions d'armes de poing. Ses recherches appliquées lui ont permis de réfléchir à un concept fort intéressant, le pouvoir d'arrêt relatif, car il était bien conscient que l'organe touché avait une part importante dans la létalité du tir. Le RSP d'Hatcher s'appuie en fait sur les bases de Taylor : la quantité de mouvement et la grosseur du calibre. En revanche, le calibre est un élément qui ne satisfait pas Hatcher. D'une part, parce que le calibre ne traduit pas exactement le diamètre de la munition, mais surtout parce que l'aire frontale paraît plus pertinente. Il n'est pas nécessaire d'être un grand mathématicien pour se rendre compte qu'en doublant le diamètre, la surface est multipliée par 4 ; cela signifie qu'elle traduit mieux la notion d'impact que le diamètre.
En revanche, si la surface est importante, l'impact de deux projectiles n'ayant pas la même forme, même s'ils sont de même section, ne provoquera pas la même intensité de choc. C'est la raison pour laquelle Hatcher a intégré dans sa formule le coefficient de forme de la munition. Compte tenu de la morphologie de l'ogive, ce coefficient de forme prend différentes valeurs, de 700 pour une balle blindée pointue à 1 350 pour une balle pointe creuse expansive, la base étant à 1 000 pour une plomb ou demi-blindée à nez rond.

700	blindée pointue
900	blindée nez rond
1050	blindée nez plat
1100	blindée large nez plat
1000	plomb nez rond
1050	plomb nez plat
1100	plomb large nez plat
1000	1/2 blindée nez mou
1350	1/2 blindée nez mou expansive
1250	plomb 1/2 wadcutter
1100	pointe creuse
1350	pointe creuse expansive
1500	expansion moderne

La formule du RSP (Relative Stopping Power) est la suivante :

RSP = (masse (en grains) / (7000 x 32,174 x 2)) x vitesse (en pieds par seconde) x aire (en pouces²) x facteur de forme

Comme pour le KOV, nous nous sommes servis des mêmes calibres pour vous présenter, sous forme de tableau, les différentes valeurs du RSP d'Hatcher.

Calibre	Masse	Vitesse	Diam.	Aire	RSP
9,3x62	286	2400	0,366	0,11	160
375H&H	300	2530	0,375	0,11	186
416 Rigby	400	2350	0,416	0,14	283
458 W	500	2025	0,458	0,16	370
460 Wea	500	2700	0,458	0,16	494
470 NE	500	2150	0,474	0,18	421
500 NE	525	2310	0,51	0,20	550
577 Tyr	750	2460	0,585	0,27	1100
700 NE	1000	2000	0,7	0,38	1708

Les chasseurs anglo-saxons et certains fabricants de munitions se sont intéressés à son concept. La personnalité d'Hatcher, la pertinence de sa formule ont permis de réaliser un indicateur efficace. D'autres spécialistes en balistique du XXème siècle se sont servis ou appuyés sur le « RSP ». Gregor Woods, journaliste très connu en Afrique du Sud, a rédigé de nombreux articles sur la balistique et les munitions de grande chasse. Après avoir critiqué ouvertement les travaux de « Pondoro » Taylor, il a lui aussi établi une équation très proche de celle d'Hatcher.

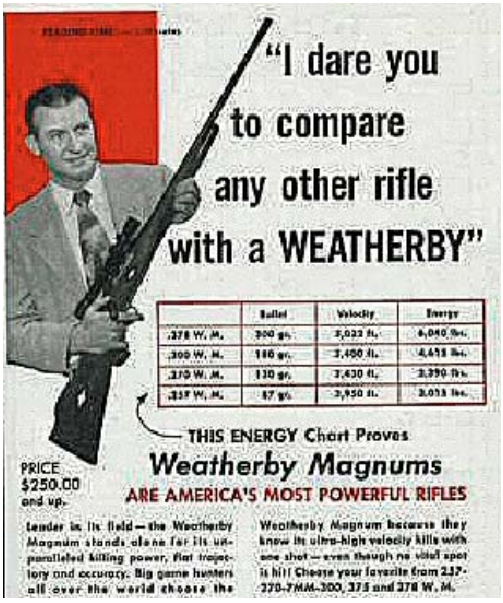
Mais alors, que penser de la méthode de Hatcher, brillant militaire américain, qui semble avoir créé une formule beaucoup plus reconnue par les spécialistes ?
➔ *Les limites*
▫ Prenons le mythique .700 NE. Le projectile de 0,7" (17,80 mm) sort de la bouche du canon à une vitesse de 2 000 fps (c'est-à-dire environ 600 m/s) avec une masse de 1 000 grains (64,8 g), pour un coefficient de forme de 1 000, ce qui donne un RSP de **1708**.
Une boule de pétanque de masse 700 g (10 802 grains), de diamètre 70 mm (2,75") avec un coefficient de forme de 1 000, et lancée à une vitesse de 10 m/s (32,8 fps), donne un RSP de **4 672**.
C'est-à-dire que si l'on utilise la méthode d'Hatcher pour comparer les deux projectiles, il ressort que la boule de pétanque lancée à 10 m/s a une puissance d'arrêt trois fois supérieure au projectile de .700 NE tirée par une carabine de safari. Quel guide de chasse africain prendrait le risque de tenter de stopper un buffle en train de charger avec une boule de pétanque à la main ???
▫ la remarque énoncée pour l'équation de Taylor est également pertinente en ce qui concerne les dimensions : on mélange toujours des pouces et des pieds !
▫ Hatcher rajoute deux paramètres fort intéressants, il est vrai : la surface frontale de l'ogive et le facteur de forme. Mais pourquoi accorder la même importance à tous les critères, masse, vitesse, aire et facteur de forme ? Est-il logique de donner le même poids à ces différents éléments ? Sur quelles expériences mathématiques s'est-il vraiment basé pour attribuer les valeurs du tableau de facteurs de forme ?

L'énergie cinétique

Les deux formules précédentes (celles de Taylor et d'Hatcher), parmi les plus utilisées outre atlantique, s'appuient essentiellement sur la quantité de mouvement (QM = masse x vitesse). Pourtant, ces trente dernières années ont été particulièrement marquées par l'utilisation de l'Energie Cinétique :

EC = ½ x masse (en kilos) x vitesse² (en m/s)

La formule telle qu'elle est présentée est en données métriques contrairement aux deux formules précédentes qui utilisent des données anglo-saxonnes.
Il n'existe pas, à ma connaissance, un fabricant de munitions qui n'ait intégré dans ses tables de tir l'énergie cinétique. La plupart des chasseurs français s'appuient sur cet indicateur pour choisir le calibre de leur arme de safari. L'énergie cinétique semble être aujourd'hui l'élément déterminant le mieux la puissance d'arrêt. De plus c'est bien une formule physique reconnue !
Dès le début du XXème siècle, l'utilisation de la munition de calibre 10,4 mm, tirée dans le fusil Vetterli, a fait apparaître une cavité temporaire accompagnant le passage du projectile dans les tissus. Pourtant, sa vitesse est qualifiée de lente (430 m/s environ à la bouche) par les spécialistes. Avec l'avènement des cartouches à grande vitesse, les cavités temporaires, récupérées dans les blocs de plastiline ou observées avec les caméras à grande vitesse, ont pris des tailles relativement conséquentes. Personne n'étant capable d'arbitrer l'opposition entre d'un côté les défenseurs des balles lourdes, et de l'autre ceux qui prônent les vitesse élevées, Roy Weatherby a voulu mettre tout le monde d'accord en tranchant dans le vif, à sa façon, l'opposition : une balle lourde lancée à très grande vitesse. Les .300 Winchester Magnum, .375 Holland & Holland, .416 Rigby et .458 Winchester Magnum ont respectivement donné naissance aux .300, .378, .416 et .460 Weatherby, des munitions avec des poids d'ogive identiques mais générant des vitesses supérieures de 15 à 30% environ. Si l'on se sert de l'énergie cinétique, on obtient alors des résultats époustouflants : plus de 10 000 joules à la bouche pour une .460 Weatherby, ce qui représente une puissance véritablement considérable.



« Peu importe la localisation de votre point d'impact (sur l'animal) » disait-il, « dans un jambon, les côtes, la panse ou l'épaule. On n'a pas besoin de toucher le cœur, les poumons ou la colonne vertébrale pour tuer, quand on utilise un projectile capable de se désintégrer entièrement dans le corps de l'animal ! ».
Jack Lott, le fameux chasseur américain, a créé en 1971 une cartouche élaborée à partir de la classique .458 Winchester, suite à un accident vécu dans les années cinquante face à un buffle récalcitrant. Il a ensuite élaboré son propre facteur, en multipliant le diamètre du projectile par l'énergie cinétique, baptisé facteur de puissance de Lott. La démarche de Arthur Alphin, à l'origine des cartouches A-Square, a été sensiblement la même en élaborant son Index de puissance d'arrêt qui s'appuie sur l'énergie cinétique multipliée par l'aire du projectile. Avec la formule de Lott, nous retrouvons en fait celle de Taylor, mais sans la vitesse au carré, et avec l'équation d'Alphin nous reprenons d'une certaine façon celle d'Hatcher. En fait rien de bien nouveau, si ce n'est que les deux fabricants américains s'appuient plutôt sur l'Energie cinétique que sur la Quantité de mouvement !

➔ *Les limites*

▫ dans une formule qui accorde plus d'importance à la vitesse qu'à la masse (puisque la vitesse est élevée au carré), il est somme toute logique que les fabricants qui utilisent des munitions à grande vitesse ait choisi cet indicateur pour vanter les mérites de leurs produits !

▫ cet indicateur traduit une énergie. Or, pour étudier l'énergie de la balle, il faudrait établir un bilan énergétique des différents échanges dans le corps du gibier. Et là, nous ne disposons d'aucune donnée concrète. Le transfert d'énergie cinétique se matérialise sous différents formes : la propagation d'une onde, l'échange thermique dans les tissus, la chaleur du projectile ainsi que sa déformation, le déplacement des tissus, … Il faut bien admettre que l'énergie cinétique d'un projectile ne permet pas à elle seule de déterminer son pouvoir vulnérant.

▫ l'onde de choc générée à l'intérieur du corps grâce à la grande vitesse est une légende. Le déplacement du flux sanguin qui se propage pour endommager le cœur ou le cerveau n'a jamais été prouvé scientifiquement !

▫ l'importance de la cavité temporaire qui serait à l'origine de lésions irréversibles est largement exagérée. N'oublions pas que c'est l'utilisation des munitions de .223 et de 7,62x39 utilisées par les troupes américaines et russes qui a souligné l'importance des cavités temporaires générées par ces projectiles à très grande vitesse. Or, aujourd'hui, l'explication de destruction forte des tissus est prouvée : ce n'est pas la vitesse mais bien le basculement de la balle dans le corps qui est à l'origine de ces dégâts.

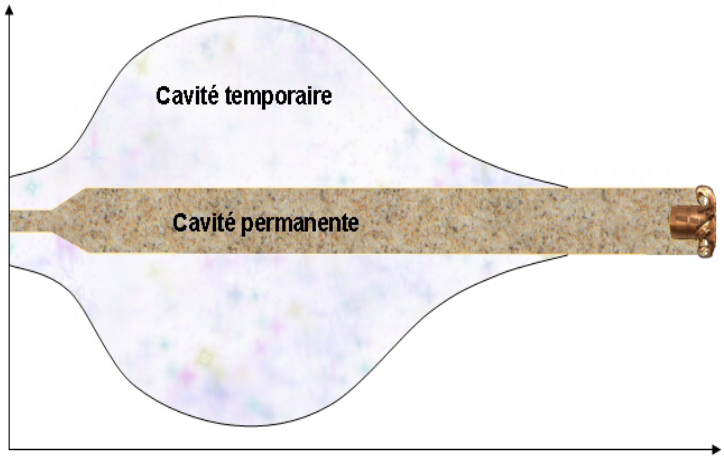
Il est enfin temps de mettre un terme à tous ces mythes véhiculés depuis des années par des fabricants désireux de développer leurs ventes et par des chasseurs ou tireurs crédules.

Pour y voir plus clair

La puissance d'arrêt, la valeur du K.O, l'onde de choc, tous ces éléments ne sont que des concepts. La balistique lésionnelle est un champ extrêmement complexe à décrire et surtout à modéliser.

Même si les travaux des personnes que nous avons citées ont eu le mérite de pouvoir créer des réflexions et des échanges sur un thème aussi riche que la balistique lésionnelle, il n'en demeure pas moins important de ne pas avancer de théories parfois simplistes et non prouvées. Ce n'est pas parce que mon grand-père a tué, un jour, un éléphant avec une 8x57, que l'on doive déclarer aussitôt ce calibre adapté à ce type d'animal et trouver une formule plus ou moins compliquée pour tenter d'expliquer ce fait !

En revanche, il peut être intéressant de parler plutôt de pouvoir lésionnel pour un projectile. Rappelons que le mécanisme de création de dommages aux tissus s'appuie en fait sur quatre éléments :
1. La pénétration mesure le passage en profondeur de la balle à l'intérieur des différents tissus
2. La cavité permanente : il s'agit de l'ensemble des tissus détruits par le passage de l'ogive. On la mesure par le trou créé par la balle. Le mécanisme de l'expansion de certains projectiles accroît ce canal d'attrition.



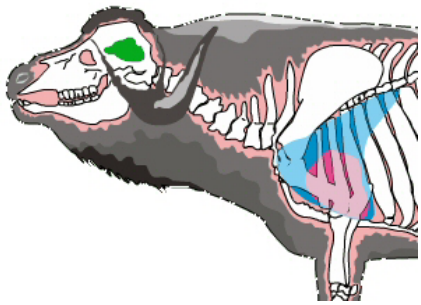
3. La cavité temporaire est provoquée par des projectiles à vitesse élevée. Il s'agit de l'extension de la cavité permanente de manière transversale par rapport au chemin de la munition. A cause de l'effet de l'impulsion, les tissus s'étirent pour reprendre leur place quelques micro secondes après le passage de l'ogive.
4. La fragmentation concerne des particules issues du projectile ou des morceaux d'os brisés qui sont propulsés à l'extérieur de la cavité permanente et endommagent les tissus musculaires, sanguins, … Cet élément n'est pas forcément présent dans tous les types de blessure, dans la mesure où le projectile peut ne pas se fragmenter ou ne pas occasionner de lésions osseuses pouvant entraîner l'expulsion de fragments.
Certains fabricants n'hésitent pas à présenter sur leur site internet les cavités temporaires générées par leurs munitions à très grande vitesse. Ce qu'ils oublient de signaler c'est que cette cavité temporaire n'a quasiment aucune conséquence au contact des organes que nous ciblons prioritairement, à savoir le cœur et les poumons.

Que demande-t-on en fait à une balle ?

- de pouvoir pénétrer profondément les tissus jusqu'à atteindre les zones vitales ;
- à proximité de ces zones, de s'expanser le plus possible de manière à agrandir le canal d'attrition ;
- éventuellement, de se fragmenter de manière contrôlée pour générer d'autres cavités permanentes.

La masse de l'ogive est déterminante pour accroître la pénétration, et sa densité sectionnelle (le rapport entre la masse et le carré du diamètre) est un critère de choix pertinent.
Le diamètre élevé de l'ogive accroît la cavité permanente.
La structure du projectile doit lui permettre de s'expanser le plus possible (après une pénétration suffisante) de manière à augmenter la cavité permanente de 2 à 3 fois son diamètre.
Quant à ceux qui ont un besoin impérieux de stopper la charge d'un animal, je pense entre autres à mes collègues guides de chasse, la seule solution est de toucher une zone de l'animal réellement incapacitante. N'en déplaise au regretté Weatherby, le « perfect shot » est dans ce

cas bien plus déterminant que le type de calibre, à condition que ce dernier possède toutefois les caractéristiques nécessaires pour pénétrer le « bouclier » naturel de protection des organes visés.



Sur le dessin ci-contre, nous avons positionné les différents organes vitaux d'un buffle du cap. Remarquez la taille du cerveau, coloré en vert, ainsi que sa situation, protégé derrière le bandeau. C'est la zone réellement incapacitante lors d'une charge. Mais encore faut-il que la balle pénètre l'ensemble osseux et expanse rapidement dans le cerveau ! Pas évident lorsque 800 kilos en furie vous foncent dessus …

Si vous envisagez, demain, de partir en safari à l'éléphant ou au buffle, ne succombez pas aux mythes que nous venons de décrire !
Oubliez l'énergie cinétique avancée par la plupart des fabricants et pensez plutôt à ces quelques réflexions :

- connaissez parfaitement l'anatomie de l'animal que vous allez chasser, et surtout les zones réellement incapacitantes et celles qui sont mortelles ;
- favorisez plutôt les balles lourdes et de diamètre important ;
- utilisez un calibre dont vous pouvez maîtriser aisément le recul et abandonnez les armes qui vous font peur ou dans lesquelles vous n'avez pas confiance ;
- entraînez vous suffisamment tout au long de l'année et soyez et capable de tirer en toutes circonstances et positions ;
- choisissez un projectile susceptible de perforer la peau et les importants tissus osseux et s'expansant ensuite rapidement et de manière importante.

Je rajouterais en conclusion que le fait d'avoir une arme que vous connaissez et maîtrisez participe :
1/ à votre sécurité personnelle !
2/ au plaisir inoubliable que vous pourrez retirer de votre séjour de chasse !

❖❖❖