



## Les maths dans Hearthstone

*Hearthstone* (anciennement *Hearthstone : Heroes of Warcraft*) est un jeu de cartes à collectionner en ligne, se déroulant dans l'univers de fiction médiéval-fantastique de *Warcraft*, développé et édité par la société *Blizzard Entertainment* en 2014.

En novembre 2018, *Blizzard* annonce par communiqué que le jeu compte plus de 100 millions de joueurs actifs.

### Principes généraux du jeu

#### Le board

Voici à quoi ressemble le plateau de jeu de *Hearthstone*, aussi appelé **board**.



Deux **héros** (il y a en a 10 en tout : le *mage*, le *guerrier*, le *démoniste*, le *prêtre*, le *chaman*, le *chasseur*, le *paladin*, le *voleur*, le *druide* et le *chasseur de démons*) s'affrontent dans un duel de cartes.

Ici, vous êtes un *mage* et votre adversaire un *guerrier*.

## Le deck

Tout d'abord, pour commencer à jouer vous devez construire un **deck** : c'est un ensemble de 30 cartes que vous aurez choisies parmi les cartes réservées à votre héros et les cartes « neutres », qui sont utilisables par tous les héros. On ne peut mettre que deux fois la même carte dans son deck au maximum, sauf les cartes légendaires qui ne peuvent être présentes dans le deck qu'en un seul exemplaire.

Les cartes du deck sont mélangées automatiquement avant le début de la partie.

## La main et la pioche

Lors de la partie, vous allez pouvoir piocher des cartes dans votre deck et les mettre dans votre **main**. Au début de chaque tour, vous allez piocher une carte, mais il est possible que vous en tiriez plusieurs pendant votre tour. Il est même possible que l'adversaire joue une carte qui vous fasse piocher quand ce n'est pas votre tour. Attention ! Votre main ne peut contenir que **10 cartes au maximum**. Les cartes que vous allez piocher alors que vous avez 10 cartes en main seront détruites (ce processus s'appelle la « meule »). De plus, si vous devez piocher et que vous n'avez plus de cartes dans votre deck, vous subissez des points de dégâts : la carte **Fatigue** vous infligera 1 point de dégâts la première fois, 2 points de dégâts la deuxième fois, et ainsi de suite

## Le déroulement de la partie

Pour remporter votre duel, il faut faire descendre les points de vie de votre adversaire à zéro (ou moins). Chaque héros commence avec 30 points de vie et ne peut pas les dépasser. Un héros peut en effet se soigner pour regagner des points de vie ; il peut aussi se protéger avec des points d'armure.

- Votre adversaire est choisi au hasard mais il aura un niveau proche du vôtre.
- Au début du duel, un tirage au sort a lieu pour savoir qui commence.
- Vient ensuite le **mulligan** : 3 cartes sont mises dans la main du joueur qui commencera (désigné par le hasard) et 4 dans la main de l'autre. Vous pouvez décider de garder toutes vos cartes ou d'en remettre dans votre deck et de retirer d'autres cartes (il est donc possible que vous retiriez une carte que vous aviez enlevée).
- Le joueur ne commençant pas le duel recevra en plus la carte **La pièce**.



- Le duel commence avec un cristal de **mana**. Un cristal de mana est ajouté à chaque tour jusqu'à un maximum de 10 cristaux de mana. Le cristal de mana est le cristal bleu en bas à droite du plateau de jeu et en haut à gauche des cartes à jouer. Sur le plateau vous pouvez lire vos ressources de cristaux disponibles et, sur la carte, le nombre de cristaux nécessaires pour la jouer.
- Chacun des 9 héros possède un **pouvoir héroïque** spécifique. Pour l'utiliser, il faut payer un coût de 2 cristaux de mana. Ce pouvoir n'est utilisable qu'une fois par tour et sera verrouillé après utilisation pour être débloqué au début du tour suivant.
- Vous pouvez jouer autant de cartes pendant votre tour que les cristaux de mana vous le permettent. Il n'est possible de jouer ses cartes que pendant son propre tour. Le coût de la carte est le chiffre se situant dans le cristal en haut à gauche de la carte (par exemple la carte **La pièce** coûte 0 cristal de mana).
- Les cartes de serviteurs (voir tableau ci-après) seront posées sur le **board** (le plateau de jeu). Vous ne pourrez pas poser plus de 7 serviteurs. Les autres cartes déploieront leur effet puis seront défaussées.

## Types de cartes

<p>Les cartes <b>serviteurs</b> sont celles qui ont des points d'attaque en bas à gauche (dans un rond jaune) et des points de vie en bas à droite (représenté par une goutte rouge). Les serviteurs restent en jeu jusqu'à ce qu'ils soient tués ou détruits. Les serviteurs ne peuvent pas attaquer le tour où ils arrivent en jeu, sauf si ils ont la capacité <b>charge</b>.</p> <p>Les serviteurs peuvent également être d'un type tel que <b>Totem, Murloc, Méca, Bête, Pirate, Élémentaire, Laquais, Libram, Huran, Naga</b> ou encore <b>Dragon</b> qui auront une importance avec les cartes qui boostent les types de créatures.</p>	<p>Les cartes <b>secret</b> sont des sorts qui ont la particularité de rester en jeu tant que le joueur adverse n'a pas enclenché le pouvoir de cette carte. Le mot secret est écrit en gras sur le commentaire de la carte. Seuls les mages, chasseurs et paladins disposent de secrets. Quand vous jouez une carte secret, un rond avec un point d'interrogation s'affiche alors sur le portrait de votre héros durant tout le temps où le secret n'est pas activé.</p>
<p>Les cartes <b>armes</b> ont des points d'attaque en bas à gauche (représenté par deux épées qui se croisent) et de durabilité en bas à droite (représenté par un bouclier). Une fois jouée, elle équipe votre héros de l'arme et s'affiche à gauche de son portrait. Utiliser cette arme avec votre héros lui fera perdre un point de durabilité et il n'est généralement possible de l'utiliser qu'une fois par tour. Quand l'arme n'a plus de point de durabilité, elle est détruite.</p>	<p>Les cartes <b>sorts</b> sont celles qui n'ont pas de points d'attaque et de vie. Une fois jouée, la carte disparaît et n'est plus utilisable. Certains sorts ont un type indiqué en bas de la carte : <b>Arcanes, Feu, Fiel, Givre, Nature, Ombre, Sacré</b>.</p>
<p>Les cartes <b>Héros</b> sont un type de cartes apparus dans <i>Hearthstone</i> avec l'extension <i>Chevaliers du Trône de glace</i>. En devenant un Chevalier de la mort, votre héros gagne un nouveau pouvoir héroïque et de nouvelles caractéristiques. Il y a au moins une carte pour chaque classe.</p> <p>Il est parfois possible dans une partie de remplacer un héros par un héros alternatif (Galakrond par exemple).</p>	<p>Une carte <b>Quête</b> vous demande d'accomplir un certain objectif lors de votre partie, afin d'obtenir une récompense. Elle est toujours disponible dans la main de départ, avant le mulligan.</p> <p>Il y a aussi des <b>quêtes annexes</b> qui, elles, ne sont pas forcément dans la main de départ.</p> <p>Les <b>suites de quêtes</b> sont formées de plusieurs quêtes consécutives. C'est la dernière quête qui octroie la récompense principale.</p>
<p>À la mort d'une carte <b>Primus</b> (ou Prima), et comme le spécifie son <b>Rôle d'agonie</b>, on va remélanger une carte dans votre deck, qui aura des caractéristiques et des effets supérieurs (et qui coûtera aussi plus cher).</p>	<p>Les <b>Lieux</b> peuvent être joués sur le champ de bataille pour un coût initial, puis activés gratuitement à chacun de vos tours pour bénéficier d'un effet puissant. Chaque activation coûte 1 de durabilité et se recharge en un tour.</p>

## Capacités des cartes

La plupart des cartes ont une ou plusieurs capacités spéciales, dont vous trouverez la liste ci-dessous.

À chaque nouvelle extension, de nouveaux effets apparaissent et d'autres disparaissent du mode standard. Les effets qui n'existent plus en mode standard sont suivis d'un \*.

Description de la capacité	Exemple de carte		Description de la capacité	Exemple de carte
On trouve sur certaines cartes (pas toutes) un petit texte qui décrit leur pouvoir spécial, qui sera applicable tant que la carte sera en vie.			<b>Accès de rage*</b> Quand la créature subit des dégâts, son attaque est augmentée d'autant qu'il est écrit sur la carte. La redoutable carte ci-contre a deux capacités : <b>Charge</b> et <b>Accès de rage</b> .	
<b>Adaptation*</b> L' <b>Adaptation</b> fonctionne de la même manière que la <b>Découverte</b> . Lorsque l'effet se déclenche, trois sorts vous sont proposés, parmi une liste de 10 possibilités. Chacun de ces sorts permet d'améliorer la ou les cartes ciblées.			<b>Appel*</b> L' <b>Appel</b> permet d'invoquer un serviteur aléatoire provenant de votre deck par le biais du <b>Cri de guerre</b> de certains serviteurs ou des sorts. Les serviteurs invoqués ne peuvent pas activer leur capacité de <b>Cri de guerre</b> par le biais d'une invocation liée à un <b>Appel</b> .	
<b>Bouclier divin</b> La créature est protégée par le <b>Bouclier divin</b> des dégâts qu'il devrait subir. Le Bouclier divin disparaît dès que le serviteur a encaissé des dégâts.			<b>Brutalité*</b> L'effet <b>Brutalité</b> se déclenche sur que vous infligez à un serviteur plus de dégâts que ses points de vie. Avec la carte ci-contre, l'effet se déclenchera si le serviteur adverse n'a que 1 ou 2 points de vie.	
<b>Camouflage</b> Une créature camouflée ne peut être la cible de sorts ou d'effets. Il n'est également pas possible de l'attaquer. Votre créature perdra le <b>Camouflage</b> dès qu'elle aura attaqué une fois.			<b>Charge</b> Un serviteur avec <b>Charge</b> peut attaquer dès qu'il est posé sur le board, sans devoir attendre le tour suivant.	
<b>Choix des armes</b> Choisissez entre deux effets écrits après <b>Choix des armes</b> .			<b>Colossal</b> Les serviteurs dotés du mot-clé <b>Colossal</b> possèdent des appendices qui agissent en synergie avec leur corps afin de délivrer de puissantes offensives. Ces membres sont automatiquement conjurés dès lors que leur corps est invoqué, même lorsqu'il n'a pas été joué de votre main.	

<p><b>Combo</b> L'effet écrit à la suite de <b>Combo</b> se réalise si une autre carte a déjà été jouée pendant ce tour.</p>			<p><b>Conjuration*</b> De nouveaux pouvoirs héroïques (propres à chaque Galakrond de classe) sont activés à chaque fois que vous lancez un <b>Conjurer</b>.</p>	
<p><b>Corruption / Corrompu</b> Ce type de carte s'améliore (seulement si elle est dans votre main) lorsque vous jouez une carte plus coûteuse.</p>			<p><b>Cri de guerre</b> L'effet écrit à la suite de <b>Cri de guerre</b> se réalise quand la créature est posée sur le plateau de jeu.</p>	
<p><b>Début de partie</b> Si une carte avec <b>Début de partie</b> est dans votre deck, l'effet décrit se déclenche automatiquement avant votre premier tour.</p>			<p><b>Découverte</b> Le jeu vous propose plusieurs cartes différentes (en général 3). Vous en choisissez une à mettre dans votre main.</p>	
<p><b>Défausse</b> La <b>Défausse</b> consiste à enlever une ou plusieurs cartes de votre main.</p>			<p><b>Dégâts des sorts</b> Vos sorts infligeant des dégâts ou rendant des points de vie seront augmentés d'autant qu'écrit sur la carte.</p>	
<p><b>Dragage</b> permet de regarder les trois cartes situées au-dessous de votre deck, puis d'en choisir une à placer sur le dessus.</p>			<p><b>Échangeable</b> Pour 1 mana, vous pouvez remettre cette carte dans votre deck et prendre celle du dessus à la place.</p>	
<p><b>Écho*</b> La carte peut être jouée plusieurs fois pendant un tour, à condition d'avoir suffisamment de mana.</p>			<p><b>En sommeil</b> Un serviteur <b>en sommeil</b> va arriver sur le board et n'activer son effet qu'après un certain temps. Pendant toute la durée du « sommeil », les serviteurs prendront une place sur le board, mais ils seront totalement insensibles à tout ce qui pourrait se passer en termes d'effets.</p>	

<p><b>Exaltation*</b> L'effet se déclenche quand le héros utilise son pouvoir héroïque.</p>			<p><b>Frénésie</b> L'effet se déclenche la première fois que le serviteur survit à des dégâts.</p>	
<p><b>Furie des vents</b> Une créature avec <b>Furie des Vents</b> pourra attaquer deux fois dans le même tour.</p>			<p><b>Gel</b> Les personnages gelés ne peuvent pas agir.</p>	
<p><b>Golem de jade*</b> Quand une carte invoque un <b>golem de jade</b>, un serviteur apparaît sur le board. Le premier golem qui apparaît a 1 point d'attaque et 1 point de vie (1/1), le deuxième 2/2, le troisième 3/3, etc. Attention ! <i>Invoquer</i> n'est pas synonyme de <i>jouer</i>.</p>			<p><b>Imprégnation (x)</b> L'effet décrit se déclenche une fois que x serviteurs sont morts.</p>	
<p><b>Insensibilité</b> Le personnage ciblé obtient l'insensibilité et ne subit aucun dégât tant qu'elle est active.</p>				
<p><b>Magnétisme*</b> placé à la gauche d'un méca allié, un serviteur avec <b>Magnétisme</b> fusionne avec lui. Ainsi, l'attaque, la vie et les capacités du serviteur s'ajoutent à celle de votre méca en jeu.</p>			<p><b>Marginal</b> pour activer l'effet <b>Marginal</b> d'une carte, il faudra qu'elle soit jouée alors qu'elle est tout à gauche ou tout à droite de votre main.</p>	
<p><b>Provocation</b> La créature ayant <b>Provocation</b> doit être attaquée par votre adversaire avant celles ne l'ayant pas.</p>			<p><b>Rôle d'agonie</b> L'effet écrit à la suite de <b>Rôle d'agonie</b> se produit quand la créature meurt.</p>	

<p><b>Réincarnation*</b> Les cartes qui possèdent le mot-clé <b>Réincarnation</b> reviennent à la vie avec 1 PV.</p>		<p><b>Ruée</b> Un serviteur avec <b>Ruée</b> peut attaquer dès qu'il est posé sur le board, sans devoir attendre le tour suivant. À la différence de <b>Charge</b>, il ne peut pas attaquer le héros adverse.</p>	
<p><b>Salve</b> Lorsqu'un serviteur ou une arme avec <b>Salve</b> est en jeu, lancer un sort activera son effet de <b>Salve</b> (une seule fois).</p>		<p><b>Silence</b> La créature ciblée perd toutes ses compétences spéciales ou les améliorations qu'elle a subie.</p>	
<p><b>Sort double*</b> Jouer une carte <b>Sort double</b> place une copie de ce sort dans votre main (qui ne possède pas le mot-clé).</p>		<p><b>Surcharge</b> Au tour suivant, après avoir joué une carte avec <b>Surcharge</b>, vous aurez autant de cristaux de mana vidés qu'écrit sur la carte pour compenser le faible coût ou la puissance de la carte.</p>	
<p><b>Transformation</b> La créature ciblée est transformée en une autre créature.</p>		<p><b>Toxicité</b> Les blessures infligées aux serviteurs sont mortelles, mais ne tue pas les héros.</p>	
<p><b>Victoire honorable</b> Cet effet confère des bonus uniques en infligeant le montant de dégâts exact nécessaire sur un ennemi pendant votre tour.</p>		<p><b>Vol de vie</b> Lorsqu'une carte dispose de cet effet et qu'elle inflige des dégâts, votre héros récupère des points de vie à hauteur des dégâts infligés.</p>	

## Première section : à propos des paquets

Pour constituer ses decks, on peut gagner ou acheter des paquets contenant 5 cartes aléatoires.

Sur la page [http://hearthstone.gamepedia.com/Card\\_pack\\_statistics](http://hearthstone.gamepedia.com/Card_pack_statistics), on peut voir les statistiques tirées de l'ouverture de 15'109 paquets de l'extension « Le Grand Tournoi ».

Rareté	Commune	Rare	Épique	Légendaire
(se reconnaît à la couleur de la gemme centrale)				
Non dorées (96.99 %)	70.37 %	21.60 %	4.08 %	0.94 %
Dorées (3.01 %)	1.48 %	1.27 %	0.19 %	0.07 %
Total (100%)	71.85 %	22.87 %	4.27 %	1.01 %

### Exercice 1.1

On ouvre un paquet de l'extension « Le Grand Tournoi ».

- Quelle est la probabilité qu'il contienne (exactement) 1 légendaire dorée ?
- Quelle est la probabilité qu'il contienne (exactement) 2 épiques (dorée ou pas) ?
- Quelle est la probabilité qu'il contienne (exactement) 2 légendaires (dorée ou pas) ?

### Exercice 1.2

Combien faut-il ouvrir de paquets pour être sûr à 95% d'obtenir au moins une légendaire ?

### Exercice 1.3

On ouvre 65 paquets, ce qui représente 325 cartes.

- Quelle est la probabilité de n'avoir aucune carte légendaire ?
- Quelle est la probabilité d'avoir entre 2 et 4 légendaires (bornes comprises) ?
- Quelle est la probabilité d'avoir plus de 5 légendaires ?

## Deuxième section : à propos des parties

### Exercice 2.1 Sir Finley Mrrgglton

La carte **Sir Finley Mrrgglton** permet de remplacer le pouvoir héroïque de son héros par un autre. Trois cartes pouvoir apparaissent et il faut choisir l'une d'entre elles. Rappelons qu'il y a 9 héros en tout.

- J'aimerais obtenir le pouvoir du chasseur. Quelle est la probabilité que je puisse choisir ce pouvoir héroïque ?
- J'aimerais obtenir le pouvoir héroïque du **Voleur** ou du **Druide**. Quelle est la probabilité que je puisse choisir un de ces pouvoirs héroïques ?



### Exercice 2.2 Baston

La carte **Baston** élimine toutes les cartes du board, sauf une.

- J'ai 3 serviteurs sur le board, l'adversaire en a 2. Quelle est la probabilité que le serviteur survivant soit un des miens ?
- J'ai 3 serviteurs sur le board, l'adversaire aucun. Avant de jouer sa carte **Baston**, il place 2 « petits » serviteurs. Est-ce bien joué ?



### Exercice 2.3 Tempête de foudre contre Client sinistre

L'adversaire a posé quatre cartes **Client sinistre** sur le board. Deux ont 3 points de vie, les deux autres n'ont plus que 2 points de vie. Je vais jouer **Tempête de foudre**. Quelle est la probabilité...

- d'éliminer tous les Clients sinistres ?
- qu'il reste 4 Clients sinistres sur le board ?
- qu'il reste 3 Clients sinistres sur le board ?
- qu'il reste 2 Clients sinistres sur le board ?
- qu'il reste 1 Client sinistre sur le board ?



### Exercice 2.4 Elekk du roi

Le tableau ci-dessous indique, pour chaque joueur, le nombre de serviteurs d'un coût donné qu'il lui reste dans son deck. Le chasseur joue la carte **Elekk du roi**. Quelle est la probabilité qu'il pioche un serviteur ?

Coûts	Chasseur	Démoniste
1	2	3
2	2	5
3	3	3
4	4	3
5	1	2
6	1	1
7	0	0
8	1	0
9	1	0



### Exercice 2.5 Mulligan

Chaque héros a envie d'avoir une main de départ particulière en fonction de son adversaire. Quelle est la probabilité d'obtenir une carte spécifique, que vous n'avez évidemment pas dans votre main de départ, si vous remplacez 1, 2, 3 ou 4 cartes dans le mulligan ?

Les cartes sont remises aléatoirement dans le deck après avoir tiré les nouvelles. Il est donc impossible de récupérer une carte que l'on avait défaussée, sauf si on l'a en deux exemplaires dans son deck.

Mulligan	Carte en 1 exemplaire dans le deck	Carte en 2 exemplaires dans le deck
4 cartes		
3 cartes		
2 cartes		
1 carte		

### Exercice 2.6 Carte-clé

Au cours de la partie, on souhaite souvent avoir une carte bien particulière en main.

Quelle est la probabilité que l'on ait cette carte dans notre main après avoir pioché  $n$  cartes ? On supposera que l'on commence la partie (on a donc reçu seulement 3 cartes avant de commencer le jeu) et que l'on n'a pas la carte en main

Remplissez le tableau ci-dessous. Il y a deux colonnes à remplir, car vous pouvez avoir la carte en 1 ou 2 exemplaires dans votre deck.

Nombre de cartes piochées	Dans le deck en 1 exemplaire	Dans le deck en 2 exemplaires	Nombre de cartes piochées	Dans le deck en 1 exemplaire	Dans le deck en 2 exemplaires
1			15		
2			16		
3			17		
4			18		
5			19		
6			20		
7			21		
8			22		
9			23		
10			24		
11			25		
12	50 %		26		100 %
13			27	100 %	
14					

### Exercice 2.7 Early game (début de partie)

Le début de partie est toujours important, surtout si vous jouez un deck **aggro**, car il ne faut pas laisser la maîtrise du board à l'adversaire. La question que l'on se pose ici est de savoir combien de cartes de 3 manas ou moins il faut mettre dans son deck. Supposons que l'on joue en deuxième (on reçoit donc quatre cartes dans notre main initiale). Quelle est la probabilité que l'on ait dans notre main, avant le mulligan, au moins deux cartes de 3 manas ou moins ?

Nombre de cartes de 4 manas ou moins dans mon deck	Probabilité d'avoir au moins 2 cartes de 4 manas ou moins dans ma main de départ
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	

### Exercice 2.8 Pistage

Quand on a absolument besoin de tirer une carte et que notre héros est le chasseur, on peut jouer la carte **Pistage** pour augmenter ses chances de l'obtenir. La contrepartie est qu'il faut se défausser des deux autres cartes...

Il reste 15 cartes dans votre deck, dont 1 exemplaire de la carte souhaitée.

- a) Quelle est la probabilité de piocher la carte tant convoitée ?

Il reste dans votre deck (de 15 cartes) deux cartes très importantes. Vous aimeriez que le jeu affiche une des deux, mais pas les deux. Quelle est la probabilité...

- b) que le jeu affiche ces deux cartes ?  
c) que le jeu affiche une de ces deux cartes (mais pas l'autre) ?  
d) que le jeu n'affiche aucune des deux cartes ?



### Exercice 2.9

Vous jouez depuis un mois un deck **Chaman** qui marche plutôt bien. Voici les statistiques de vos 107 parties :

Joue contre	Victoires	Défaites
<b>Guerrier</b>	16	7
<b>Druide</b>	6	2
<b>Chasseur</b>	7	5
<b>Démoniste</b>	9	12
<b>Paladin</b>	2	1
<b>Voleur</b>	6	2
<b>Mage</b>	8	4
<b>Chaman</b>	7	10
<b>Prêtre</b>	3	0
Total	64	43

En ce moment, voici la répartition des classes dans la méta :

Guerrier	Druide	Chasseur	Démoniste	Paladin	Voleur	Mage	Chaman	Prêtre
34.14%	3.65%	7.31%	8.53%	2.43%	12.19%	19.51%	9.75%	2.43%

Avec votre deck **Chaman**, quelle est la probabilité que vous gagniez la prochaine partie ?

## Exercice 2.10 Le bombardier fou

Le héros adverse n'a plus qu'un point de vie.

Votre héros a encore 2 points de vie.

Il y a 5 serviteurs (peu importe leur camp) sur le board qui ont tous 2 points de vie.

Un **Bombardier fou** est posé sur le board. La partie s'arrêtera si au moins un des deux héros meurt. Cependant, le tour ne se termine que quand le bombardier a infligé ses 3 dégâts.



- Quelle est la probabilité que le héros adverse meurt, et que la partie soit gagnée ?
- Quelle est la probabilité que votre héros meurt, et que la partie soit perdue ?
- Quelle est la probabilité qu'un serviteur meurt, et que la partie continue ?
- Quelle est la probabilité qu'aucun personnage ne meurt ?
- Quelle est la probabilité que les deux héros meurent, et donc que la partie soit nulle ?

Précision : quand un héros a 0 point de vie, il cesse d'être une cible.

## Exercice 2.11 Ragnaros

*Bestmarmotte* est bien parti pour gagner la partie. Il reste 13 cartes dans le deck du guerrier. *Bestmarmotte* a pressé le bouton « Tour adverse ». **Ragnaros, seigneur du feu** va lancer sa boule de feu...



C'est peu probable, mais il peut perdre durant le tour suivant de son adversaire. Pour cela, il faudrait que :

- Ragnaros tue Sylvanas** (si **Sylvanas** ne meurt pas, le guerrier va la sacrifier sur la carte 1-2 pour maximiser ses chances de récupérer **Ragnaros**)
- Sylvanas** prene le contrôle de **Ragnaros** ;
- l'adversaire (*Crimson*), après avoir reçu une nouvelle carte de son deck, joue **Grommash Hurlenfer** ;
- Crimson* inflige des dégâts à **Grommash** (afin qu'il ait 10 points d'attaque pour taper le prêtre) ;
- à la fin du tour, **Ragnaros** inflige 8 points de dégâts au prêtre.

Quelle est la probabilité que tout cela arrive ?



On supposera que *Crimson* a **Grommash** et deux cartes qui infligent des dégâts dans son deck ou dans sa main.



<https://youtu.be/GaQ-pUHYQHU?t=7m50s>

### Exercice 2.12 Double Ragnaros



- Tork* se pose une question : vaut-il mieux infliger 7 points de dégâts au héros adverse ou détruire un des serveurs adverses ? À la fin du tour, chacun des **Ragnaros** va infliger 8 points de dégâts à un adversaire tiré au hasard.
- Même question si l'un des deux serveurs adverses avait plus de 8 points de vie et l'autre moins de 7.



<https://youtu.be/2qQbQz5awXo?t=12m41s>

### Exercice 2.13 Le Champion de Mogor

Le **Champion de Mogor** est une carte puissante, mais elle a un défaut : on a 50% de chance d'attaquer un autre adversaire que celui qu'on a choisi.

Cet inconvénient peut parfois être utile. Si, par exemple, l'adversaire a posé une carte **Provocation**, et qu'on l'attaque avec le **Champion de Mogor**, il est possible que l'on blesse un autre adversaire, et pourquoi pas le héros d'en face.

Vous n'avez que le **Champion de Mogor** posé sur le board. Le héros adverse a encore 8 points de vie. L'adversaire a posé trois serviteurs sans provocation. Quelle est la probabilité de tuer le héros adverse...

- en attaquant le héros ?
- en attaquant un des trois serviteurs ?



### Exercice 2.14 Le Jongleur de couteaux

- Un **Jongleur de couteaux** est posé sur le board. En face se trouve un seul serviteur avec un point de vie. Deux serviteurs vont être invoqués. Quelle est la probabilité que le serviteur adverse soit tué ?
- Un **Jongleur de couteaux** est posé sur le board. En face se trouvent deux serviteurs avec un point de vie. Trois serviteurs vont être invoqués. Quelle est la probabilité que les deux serviteurs adverses soient tués ?
- Pour tenter de gagner la partie ce tour-ci, *Maximilien* va poser son **Jongleur de couteaux**. Il faut absolument qu'il touche au moins une fois le héros adverse. Il va pouvoir invoquer deux autres serviteurs. L'adversaire, quant à lui, a deux serviteurs avec 3 points de vie posés sur le board. Quelle est la probabilité que *Maximilien* gagne la partie ce tour-ci ?
- Le **paladin** vient de poser son **Jongleur de couteaux** (voir image ci-dessous). Il invoque ensuite 3 serviteurs avec la carte **Muster for Battle** (**Régiment de bataille** en français). Quelle est la probabilité qu'il tue le **guerrier** ?



<http://www.journaldugamer.com/2015/04/23/hearthstone-insolite-video-2/>

## Exercice 2.15 C'Thun

**C'Thun** est redoutable en fin de partie. En effet, tout au long de la partie, certaines cartes font monter ses points d'attaque et de vie, (initialement 6/6) si bien que quand on le joue, cela peut être devenu une carte 20/20 (ou plus) ! De plus, au moment où on pose la carte, elle inflige aléatoirement des dégâts égaux à son attaque à son attaque à tous les adversaires.

Supposons que le héros de l'adversaire a 12 points de vie, et deux serviteurs avec 3 points de vie. Vous posez votre C'Thun 17/17.

- Quelle est la probabilité que le héros adverse meurt ?
- Quelle est la probabilité de tuer les deux serviteurs adverses ?
- Même question que a) mais avec trois serviteurs adverses avec 3 points de vie.
- Quelle est alors la probabilité de tuer les trois serviteurs adverses ?



## Exercice 2.16 Le Jette-sorts

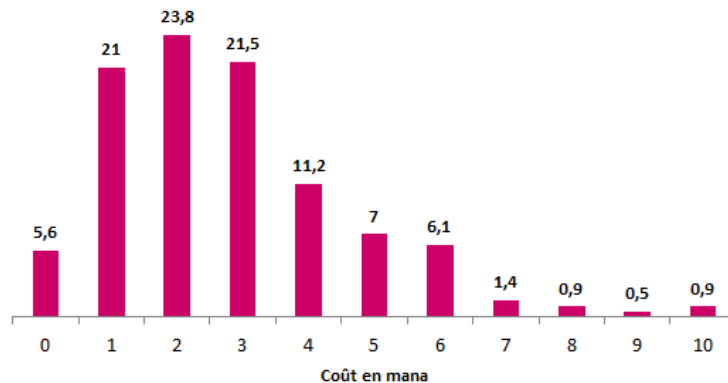
**Jette-sorts** (extension Le Grand Tournoi) est une carte qui permet d'ajouter un sort dans sa main. Quelle est la probabilité que l'on gagne un sort puissant ?

Pour répondre à cette question, il faut faire des statistiques sur les cartes de sort.

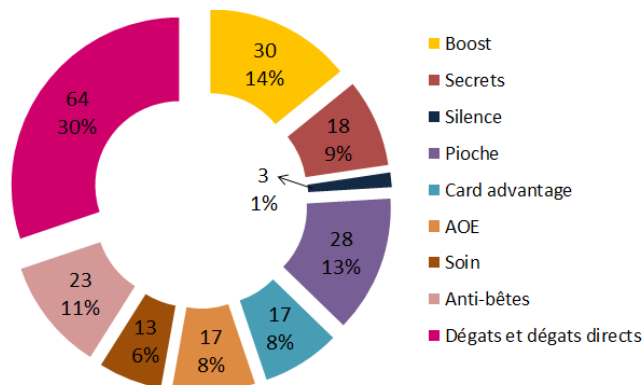
Ce travail a été fait par la blogueuse Khanapay :

<https://khanapay.com/2015/10/20/hearthstone-jette-sorts-ou-nexus-saraad-quelle-probabilite/>

De cette étude (octobre 2015), elle a tiré les deux graphiques suivants :



Les 214 sorts sont répartis dans les catégories suivantes (voir le site de Khanapay pour plus de détails) :



Au début du tour 7, on joue **Jette-sorts**. Quelle est la probabilité de pouvoir jouer le sort que l'on va recevoir ?

## Exercice 2.17 Combo

Une **combo** définit une synergie très puissante entre deux cartes ou plus pouvant avoir un très gros impact sur la partie, voire la gagner. Évidemment, il faut avoir toutes les cartes en main et avoir suffisamment de mana pour les jouer dans le même tour.

Voici les cartes dont nous aurons besoin pour une combo avec la classe voleur (les cartes doivent être jouées dans cet ordre) :



Il y a trois variantes qui nous intéressent :

1. Pour la combo la plus puissante, il faut les sept cartes ci-dessus et 10 cristaux de mana (on suppose que le voleur a une arme activée). On joue d'abord **Matelot des mers du Sud**, puis on lui applique **Sang froid** deux fois, puis on copie la carte ainsi *buffée*<sup>1</sup> avec le **Manipulateur sans-visage**. Cerise sur le gâteau : on joue **Préparation**, suivi de deux **Éviscération**. Cela fait en tout 28 points de dégâts en un tour !
2. Si on ne joue qu'une **Éviscération** (plus besoin de la carte **Préparation**), cela offre 24 points de dégâts pour 10 cristaux de mana (5 cartes dans la combo).
3. Sans **Éviscération** avec seulement le **Matelot des mers du Sud** *buffé* et le **Manipulateur sans-visage**, cela fait quand même 20 points de dégâts pour 8 cristaux de mana (4 cartes dans la combo).

Pour chacune des trois variantes, calculez la probabilité que l'on puisse jouer la combo après avoir tiré exactement 15 cartes. Toutes les cartes de la combo sont en deux exemplaires dans le deck de départ.

## Exercice 2.18 Volcanosaure

Lors d'une adaptation, le jeu vous propose trois améliorations parmi un choix de 10 :

- provocation,
- +3ATQ,
- ne peut pas être la cible de sort ou de pouvoir héroïque,
- rôle d'agonie : invoque deux plantes 1/1,
- furie des vents,
- bouclier divin,
- +1/+1,
- confère camouflage jusqu'à votre prochain tour,
- toxicité,
- +3 PV.



Le **Volcanosaure** peut s'adapter deux fois de suite (lors de la seconde adaptation, le jeu ne tient pas compte des améliorations proposées la première fois). Vous aimeriez comme améliorations « +1/+1 » et « furie des vents ». Quelle est la probabilité d'obtenir...

- a) aucune des deux ?
- b) une des deux ?
- c) les deux ?

<sup>1</sup> Améliorée

### Exercice 2.19 Courroux vengeur

La carte **Courroux vengeur** du Paladin inflige aléatoirement 8 points de dégâts aux personnages adverses (serviteur ou héros).  
L'adversaire a sur le board un seul serviteur avec 4 points de vie.  
Vous jouez courroux vengeur.

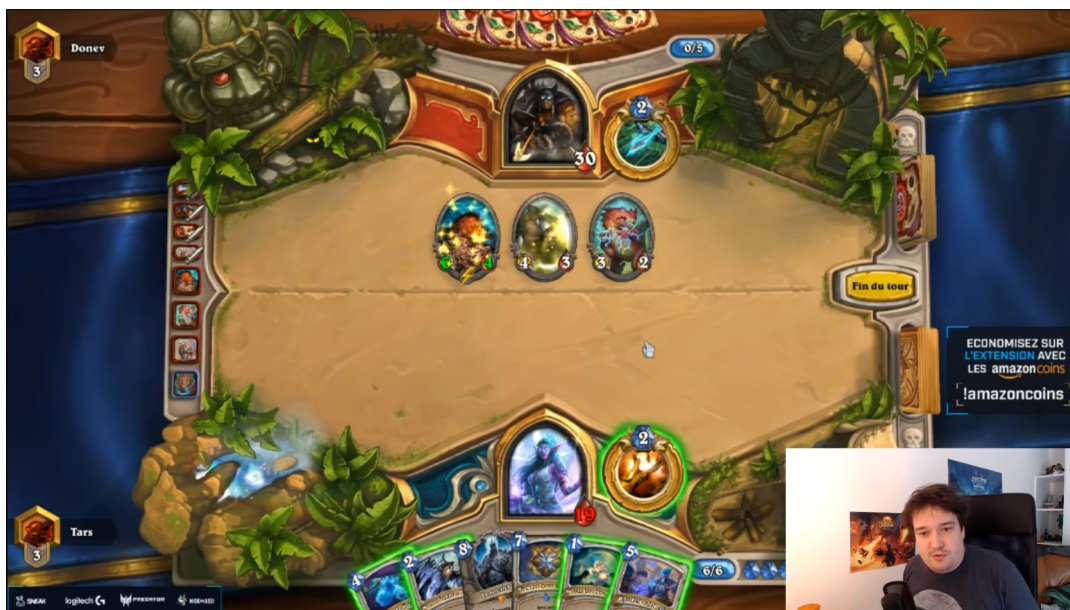
- Quelle est la probabilité de tuer le serviteur adverse ?
- Quelle serait cette probabilité si le **Courroux vengeur** n'infligeait que 7 points de dégâts ?



### Exercice 2.20 Hystérie collective

La carte **Hystérie collective** force chaque serviteur (encore en vie) à attaquer un autre serviteur aléatoire (allié ou ennemi).

- Si **Tars** joue cette carte maintenant (voir la situation ci-dessous), quelle est la probabilité que les trois serviteurs sur le board soient tués ?
- Quelle est la probabilité que la **Hyène charognarde** (la carte 6-4 de gauche) soit tuée ?
- Tars** envisage de lancer le sort **Mot de pouvoir : Bouclier** sur la hyène, afin qu'elle ait 6 points de vie, avant de jouer **Hystérie collective**. Quelle est la probabilité que la **Hyène charognarde** soit tuée ?



<https://www.youtube.com/watch?v=jkJbf7tjJV8>

### Exercice 2.21 Laquais titanesque

L'adversaire joue sa dernière carte : **Voyou du M. A. L.**, qui ajoute deux laquais aléatoires dans sa main. Il lui reste 1 mana. Seul un **Laquais titanesque** lui permet de survivre. Il le joue.

Quelle est la probabilité que l'autre laquais soit aussi un laquais titanesque (il y a sept laquais différents) ?



## Troisième section : problèmes à résoudre avec un ordinateur

### Exercice 3.1 Le ladder de *Hearthstone* (2014 - mars 2020)

Lors de chaque saison, correspondant aux mois calendaires, la position des joueurs dans le « ladder » (le classement) évolue en fonction du nombre de victoires et de défaites. Il existe 25 rangs différents, allant de **Poulet furieux** (rang 25) à **Aubergiste** (rang 1), puis le rang *Légende*.



Pour passer au rang suivant, il faut récolter un certain nombre d'étoiles :

- Chaque victoire rapporte une étoile.
- En cas de trois victoires consécutives ou plus, on gagne une étoile supplémentaire en bonus.
- Si on perd une partie, on perd une étoile.

#### Exemple (avant mars 2018)

Parties	Rang	Résultat de la partie
...		
13	20, 3 étoiles	Gagné
14	19, 1 étoile	Perdu
15	19, 0 étoile	Perdu
16	20, 2 étoiles	Gagné
17	20, 3 étoiles	Gagné
18	19, 1 étoile	Gagné (+ 1 étoile bonus)
19	19, 3 étoiles	Gagné (+ 1 étoile bonus)
20	18, 2 étoiles	Perdu
21	18, 1 étoile	...
...		

Une fois le rang 20 atteint, on ne peut plus redescendre au rang 21.

Le nombre d'étoiles à récolter par rang est le suivant (avant mars 2018) :

Rangs	Nombre d'étoiles
20 à 16	3 étoiles
15 à 11	4 étoiles
10 à 6	5 étoiles
5 à 1	5 étoiles, mais il n'y a plus d'étoile bonus

- Écrivez un programme pour estimer par simulation le nombre de parties qu'il faudra jouer pour espérer atteindre le rang *Légende*, en partant du rang 20 (avec 1 étoile). Le programme estimera le nombre moyen de parties à jouer pour chacune des probabilités de gain allant de 0.48 à 0.61. Pour estimer ce nombre de parties, simulez 1000 saisons pour chaque probabilité de gain.
- Suite à un nerf<sup>2</sup> intervenu en 2017, une fois atteint les rangs 15, 10 et 5, on ne plus plus redescendre en dessous durant la saison. Ce sont des paliers. Est-ce un grand changement ? Répondez en modifiant le programme précédent.
- En mars 2018, les règles du ladder ont changé :
  - Tous les niveaux ont 5 étoiles ;
  - D'une saison à l'autre, les joueurs reculeront de 4 rangs par rapport à leur meilleur classement et conserveront les étoiles gagnées. Si vous obtenez le rang 10 avec 2 étoiles, vous recommencerez au rang 14 avec 2 étoiles. Si vous obtenez le rang *Légende*, vous recommencerez au rang 4 sans étoile.
  - Pour les autres règles (gain et perte d'étoile, série de victoires, paliers), il n'y a pas de changement.

Supposons que l'on commence la saison 1 au rang 15 sans étoiles. Avec les nouvelles règles, en jouant 150 parties par saison avec un deck ayant une probabilité de gain  $p$ , combien en moyenne faudra-t-il de saisons pour atteindre le rang *Légende* ? Vous ferez les statistiques sur 1000 essais, pour  $p$  allant de 0.5 à 0.6.

### Exercice 3.2 Le nouveau ladder de *Hearthstone* (depuis avril 2020)

En avril 2020, le système de classement a complètement changé :



- On a maintenant 5 ligues (Bronze, Argent, Or, Platine et Diamant) avant d'arriver au rang Légende.
- Chaque ligue est dotée de paliers aux rangs 10 et 5, sous lesquels vous ne pouvez plus tomber en cas de défaite.
- Dans la ligue Bronze, on ne perd pas d'étoile en cas de défaite.
- Tous les joueurs reviennent tout en bas de l'échelle à la fin de chaque saison, soit Bronze 10 avec 0 étoile.
- Pour progresser d'un rang au suivant (par exemple pour passer d'Or 10 à Or 9), il faudra obtenir 3 étoiles.
- Chaque partie gagnée vous rapportera une étoile ou plusieurs étoiles, et chaque défaite vous en retirera une (et seulement une).

2 Équilibrage, affinage des règles ou des cartes

## La grande nouveauté : le coefficient multiplicateur

- Au début de chaque saison, les joueurs recevront un bonus d'étoiles en fonction de leurs performances au cours de la saison précédente. Ce bonus prendra la forme d'un **coefficient multiplicateur** appliqué aux étoiles gagnées pour chaque victoire (x10 si vous avez atteint le rang Légende).
- Par exemple, si vous bénéficiez d'un bonus d'étoiles de x5 et remportez une partie, vous obtiendrez 5 étoiles au lieu d'une seule.
- Si votre victoire fait partie d'une série de victoires (3 victoires consécutives ou plus), vous en obtiendrez le double, c'est-à-dire 10 étoiles ! Ce bonus disparaît une fois le dernier palier atteint, au rang diamant 5.
- Chaque palier du classement atteint lors de votre ascension diminuera votre bonus de 1 (on ne descendra évidemment pas en dessous de 1). Donc l'ascension vers Légende ne sera pas aussi fulgurant que de sortir de la ligue Bronze !

Imaginons que vous partez avec le coefficient multiplicateur maximum (10) et que votre taux de victoire (*win rate*) est de 60 %. Combien de parties devrez-vous faire en moyenne pour atteindre le rang Légende ? Vous ferez les statistiques sur 1000 essais.

### Exercice 3.3 Élise Cherchétoile

**Élise Cherchétoile** est une carte à la mécanique très particulière. Elle fonctionne comme indiqué ci-dessous :



Quand on joue **Élise Cherchétoile**, une nouvelle carte, **Carte du singe doré**, est placée dans votre deck. Quand vous aurez tiré cette carte et que vous la jouerez, une troisième carte, **Singe doré**, sera à son tour placée dans votre deck. Il faudra encore attendre de la tirer pour la jouer...

La question est : est-ce que **Élise Cherchétoile** est une bonne carte ou pas ? Elle est puissante, mais ne devra-t-on pas attendre trop longtemps pour pouvoir jouer le **Singe doré** ?

Écrivez un programme pour savoir à quel tour, en moyenne, apparaîtra enfin le singe doré. Plus précisément, vous allez simuler un grand nombre de decks. Vous ferez ensuite un histogramme qui montrera à quel tour vous avez pu jouer au plus tôt **Singe doré**. Pour simplifier, chacune de ces cartes sera jouée dès que possible.

### Exercice 3.4 Je veux toutes les légendaires de base

Il y a 36 cartes légendaires dans les cartes de base du jeu. Combien faudra-t-il en moyenne acheter de paquets pour avoir toutes ces légendaires ?

- a) Pour le savoir, vous allez modifier le programme de l'exercice 3.4 afin de créer des paquets (valides) jusqu'à ce que vous ayez les 36 légendaires.
- b) Petite subtilité : on peut « désenchanter » (détruire) une légendaire que l'on aurait à double pour récupérer 400 poussières. Avec 4 légendaires désenchantées (1600 poussières), on peut « crafter » (acheter) la légendaire que l'on veut. Pour simplifier un peu le problème, on supposera que l'on ne va désenchanter que les légendaires, et qu'il n'y a pas de carte dorée.
- c) Avec l'extension « Les Chevaliers du Trône de glace » (août 2017), Blizzard a introduit une nouvelle règle : chaque fois que vous découvrirez une légendaire dans un paquet, il s'agira d'une carte que vous n'aurez pas déjà. De plus, une légendaire sera garantie dans les 10 premiers paquets. Cela change-t-il beaucoup les choses ?

### Exercice 3.5 Combien de légendaires ?

Écrivez un programme qui génère des paquets de 5 cartes, sachant que les raretés sont réparties ainsi : 1% de légendaires, 4% d'épiques, 23% de rares et 72% de communes.

Générez  $n$  paquets valides : un paquet qui ne contient que des cartes communes n'est pas valide.

Comptez le nombre total de cartes de chaque rareté afin de vérifier que les pourcentages obtenus sont « proches » des pourcentages théoriques (plus vous générerez de paquets, plus les pourcentages seront proches de la théorie).

Exemple de sortie avec 10 paquets (50 cartes) :

```
R C R C C
C R C C C
C R C C L !    Vous ajouterez un point d'exclamation après les paquets contenant au moins une légendaire.
C R R C C
C C C C C non valide
C C C R C
C C R R C
R C C L C !
C C C R C
R C C C C
E C E C C
```

```
2 légendaire(s) : 4.00 %
2 épique(s) : 4.00 %
12 rare(s) : 24.00 %
34 communes : 68.00 %
```

### Exercice 3.6 Godlento

*Kolento (Aleksandr Malsh de son vrai nom)* est un des joueurs de *Hearthstone* les plus connus. Beaucoup des meilleurs decks d'*Hearthstone*, dont le célèbre « Voleur miracle », ont été créés par lui. Le deck atypique que nous allons analyser ici, « Godlento Darkness », est aussi une de ses créations.

Le deck, de la classe démoniste, a trois cartes clés : **Barnes**, **Y'Shaarj la rage déchaînée** et **Parjurer les ténèbres** (2x).



Le scénario « idéal » est le suivant :

1. on pose **Barnes** le plus tôt possible ;
2. cela a pour effet de placer une copie 1/1 de **Y'Shaarj** sur le board (en effet, **Barnes** et **Y'Shaarj** sont les deux seuls serviteurs du deck ; toutes les autres cartes sont des sorts) ;
3. à la fin du tour, la copie de **Y'Shaarj** place sur le board **Y'Shaarj** lui-même ;
4. on joue assez vite **Parjurer les ténèbres**, qui transforme toutes les cartes de sort en d'autres cartes d'une autre classe aléatoire (chasseur, mage, etc.).

Si ce scénario se déroule comme prévu, on a quasiment gagné la partie. Par contre, si **Barnes** arrive trop tard, ou que **Y'Shaarj** arrive avant **Barnes** ou que **Parjurer les ténèbres** est au fond du deck, la partie sera très probablement perdue.

Écrivez un programme qui calcule la probabilité de pouvoir suivre le scénario idéal décrit ci-dessus. Dites comment change cette probabilité si :

- on joue le premier
- on joue en second
- on a dans son deck un exemplaire de la carte **Parjurer les ténèbres**
- on a dans son deck deux exemplaires de la carte **Parjurer les ténèbres**
- lors du mulligan, on garde la carte **Parjurer les ténèbres**
- lors du mulligan, on ne garde pas la carte **Parjurer les ténèbres**.

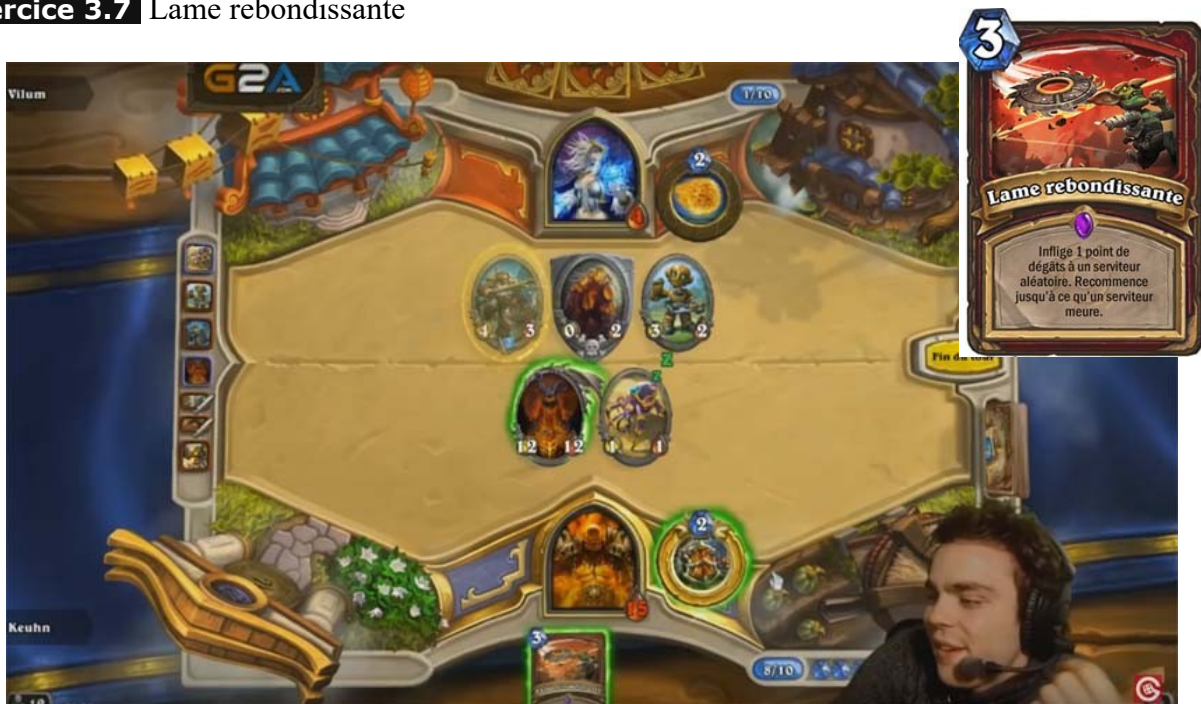
Précisons ce que l'on entend par scénario idéal :

- on ne piochera pas **Y'Shaarj** avant d'avoir joué **Barnes** (on jouera **Barnes** le plus tôt possible) ;
- on pourra jouer **Barnes** avant le tour 7 ;
- on pourra jouer **Parjurer les ténèbres** avant le tour 12.



<https://www.youtube.com/watch?v=v6FHiEKA9YA>

### Exercice 3.7 **Lame rebondissante**



Le serviteur avec un bouclier empêche *Keuhn* d'achever son adversaire. La carte qui lui reste en main est **Lame rebondissante**. Il semble ne pas trop y croire...

Comme il ne peut y avoir qu'un serviteur tué par la lame, quelle est la probabilité que ce soit le serviteur avec le bouclier ? Répondez à cette question en simulant 10'000 parties.



[https://youtu.be/Dmb55\\_hqLJA?t=6m35s](https://youtu.be/Dmb55_hqLJA?t=6m35s)

### Exercice 3.8 Prince Malchezaar

La carte **Prince Malchezaar** semble être très forte :

- Les cinq légendaires sont ajoutées au deck juste après le mulligan.
- Les légendaires ajoutées sont des légendaires de base et de la classe du héros.
- Il n'y aura pas deux légendaires identiques dans le deck. Il est donc utilisable avec des decks où toutes les cartes doivent être différentes.

Pourtant, cette carte est peu utilisée. Pourquoi ?

Elle a un défaut majeur : on ajoutant des cartes dans le deck, on diminue les chances de tirer la carte que l'on veut.

Imaginons que l'on joue un deck « Mage Reno ». On souhaite pouvoir faire la combo **Brann Barbe-de-Bronze – Kazakus** assez vite. Quelle est la probabilité que ces deux cartes se trouvent dans les 15 premières cartes du decks ?

Simulez 10'000 mélanges du deck avec 30, puis 35 cartes.  
Comparez les résultats.



### Exercice 3.9 Probabilité de tuer Luna

L'adversaire a trois cartes posées. Aucune n'est un méca. L'explo-matic va donc infliger des dégâts au hasard aux trois serviteurs.

À la question « Quelle est la probabilité de tuer Luna (la carte de droite avec 4 points de vie) », trois réponses ont été proposées :

- 1) Voici les toutes manières dont les dégâts ont pu être infligés :

2 1 2 : Luna en vie  
2 0 3 : Luna en vie  
1 1 3 : Luna en vie  
1 0 4 : Luna tuée  
0 1 4 : Luna tuée

Il y a donc 40 % de chances de tuer Luna.

- 2) J'ai dans une urne deux boules rouges, 1 blanche et 4 noires qui représentent les points de vie des serviteurs adverses. Pour tuer Luna, je dois piocher les 4 boules noires.

$$\text{Donc : } p = \frac{C_4^4 \cdot C_1^3}{C_7^7} = 14.28 \%$$

- 3) En dessinant un arbre de probabilités (trop grand pour le dessiner ici), on trouve environ 8 %.



Est-ce qu'une de ces trois réponses est correcte ? Si oui, dites laquelle et expliquez pourquoi les autres sont incorrectes ? Pour vérifier votre réponse, écrivez un programme qui simulera 10'000 fois la situation ci-dessus, en distribuant au hasard les dégâts.



[https://youtu.be/Cp\\_kVBNmqo?t=11m38s](https://youtu.be/Cp_kVBNmqo?t=11m38s)

### Exercice 3.10 Courroux vengeur (suite)

Écrivez un programme qui simulera 100'000 fois la situation décrite à l'exercice 2.19, afin de vérifier vos résultats.

### Exercice 3.11 Les destriers de l'effroi

Deux **Jongleurs de couteaux** sont posés de part et d'autre du terrain. Ils ont chacun 1'073'741'780 points de vie (!).  
Cinq **Destriers de l'effroi** sont posés de part et d'autre du terrain. Ils ont chacun 1 point de vie.  
Les héros ont respectivement 9 et 12 points de vie.



Lorsqu'un destrier meurt, il réapparaît, mais seulement lorsque tous les couteaux adverses ont été lancés.

Lorsqu'un destrier réapparaît, les jongleurs posés du côté du destrier lancent chacun un couteau sur une cible adverse aléatoire.

Chaque couteau inflige 1 point de dégât.

Lorsque les héros n'ont plus de points de vie, ils ne sont plus une cible valide, et aucun couteau ne peut les atteindre.

Sachant qu'un couteau est lancé toutes les 4.4 secondes, quel est le temps moyen de ce tour ?



<https://www.youtube.com/watch?v=IPK6BXQ9HCQ>



## Quatrième section : la deck string

Pendant longtemps, pour copier un deck proposé par un joueur, il fallait sélectionner les cartes les unes après les autres, ce qui était un peu fastidieux. Parmi les nouveautés majeures du patch 8.2 de Hearthstone (en 2017), Blizzard a introduit un nouveau système de partage de decks. On peut désormais exporter et importer des decks pour les partager avec ses amis, grâce à un code. Voici un exemple de deck et son code :

### L'Écraseur : Gloire au Roi Mosh

Classe : Guerrier  
Format : Standard

2x (1) Du sang à l'ichor  
1x (1) Tourbillon  
1x (2) Exécution  
2x (2) Fabricante d'armures  
2x (2) Hache de guerre embrasée  
1x (2) Heurtoir  
2x (2) Rage du combat  
2x (3) Acolyte de la souffrance  
2x (3) Berserker écumant  
2x (3) Goule ravageuse  
2x (4) Brave Sabot-de-sang  
2x (4) Gadgétiseur des Dessoudeurs  
1x (4) Lame de sang  
2x (5) Jeune navrecome  
1x (7) Lardeur, Perte d'Elwynn  
1x (7) Le conservateur  
2x (8) Drake primordial  
1x (8) Grommash Hurlenfer  
1x (9) Roi Mosh

**Code** : AAECAQcI0gL8BJEGsgigsAK5sgLRwwLMzQILkaORA9QEjgX7DIKtAtKuAoawAvi8AqLHAsnHAgA=

Comment passe-t-on de la description du deck au code et vice-versa ?

Une première chose à savoir est que chaque carte de *Hearthstone* a un numéro (le « DBF ID ») pour l'identifier. Par exemple, **Leeroy Jenkins** a le numéro 559. Ce sont ces numéros qui sont codés en utilisant le codage « base64 ».

C'est un codage de l'information utilisant 64 caractères pour permettre la représentation de 6 bits par caractère. Un 65<sup>e</sup> caractère (signe « = ») n'est utilisé qu'en complément final dans le processus de codage d'un message.

Ce processus consiste à coder chaque groupe de 24 bits successifs de données par une chaîne de 4 caractères. On procède de gauche à droite, en concaténant 3 octets pour créer un seul groupement de 24 bits (8 bits par octet). Ils sont alors séparés en 4 nombres de seulement 6 bits (qui en binaire ne permettent que  $2^6 = 64$  combinaisons). Chacune des 4 valeurs est enfin représentée (codée) par un caractère de l'alphabet ci-dessous.

Valeur	Codage	Valeur	Codage	Valeur	Codage	Valeur	Codage				
0	000000	A	17	010001	R	34	100010	i	51	110011	z
1	000001	B	18	010010	S	35	100011	j	52	110100	0
2	000010	C	19	010011	T	36	100100	k	53	110101	1
3	000011	D	20	010100	U	37	100101	l	54	110110	2
4	000100	E	21	010101	V	38	100110	m	55	110111	3
5	000101	F	22	010110	W	39	100111	n	56	111000	4
6	000110	G	23	010111	X	40	101000	o	57	111001	5
7	000111	H	24	011000	Y	41	101001	p	58	111010	6
8	001000	I	25	011001	Z	42	101010	q	59	111011	7
9	001001	J	26	011010	a	43	101011	r	60	111100	8
10	001010	K	27	011011	b	44	101100	s	61	111101	9
11	001011	L	28	011100	c	45	101101	t	62	111110	+
12	001100	M	29	011101	d	46	101110	u	63	111111	/
13	001101	N	30	011110	e	47	101111	v			
14	001110	O	31	011111	f	48	110000	w	(complément)	=	
15	001111	P	32	100000	g	49	110001	x			
16	010000	Q	33	100001	h	50	110010	y			

Un traitement spécial est effectué si moins de 24 bits sont disponibles à la fin de la séquence de données à coder (elle n'a pas forcément une taille multiple de 24 bits). Dans un tel cas, des zéros sont ajoutés à la droite des données initiales pour aller vers le multiple de 6 bits le plus proche. Chaque paquet de 6 bits est converti dans l'alphabet, puis on ajoute des caractères « = » complémentaires pour former quand même 4 caractères.

## Exemple de décodage d'une deck string

AAECAa0GAR7IAs/HAg7JxwLqvK6uwKNCJK0AtMK8LsC1wrRwQLYwQKcQLIBLW7AvIMAA==

Traduction de base64 :

```
AAEC : 000000 000000 000100 000010 -> 00000000 00000001 00000010
Aa0G : 000000 011010 110100 000110 -> 00000001 10101101 00000110
Ar7I : 000000 101011 111011 001000 -> 00000010 10111110 11001000
As/H : 000000 101100 111111 000111 -> 00000010 11001111 11000111
Ag7J : 000000 100000 111011 001001 -> 00000010 00001110 11001001
xwLq : 110001 110000 001011 101010 -> 11000111 00000010 11101010
vwK6 : 101111 110000 001010 111010 -> 10111111 00000010 10111010
uwKN : 101110 110000 001010 001101 -> 10111011 00000010 10001101
CJK0 : 000010 001001 001010 110100 -> 00001000 10010010 10110100
AtMK : 000000 101101 001100 001010 -> 00000010 11010011 00001010
8LsC : 111100 001011 101100 000010 -> 11110000 10111011 00000010
1wrR : 110101 110000 101011 010001 -> 11010111 00001010 11010001
wQLY : 110000 010000 001011 011000 -> 11000001 00000010 11011000
wQKC : 110000 010000 001010 000010 -> 11000001 00000010 10000010
tQLl : 101101 010000 001011 100101 -> 10110101 00000010 11100101
BLW7 : 000001 001011 010110 111011 -> 00000100 10110101 10111011
AvIM : 000000 101111 001000 001100 -> 00000010 11110010 00001100
AA== : 000000 000000 -> 00000000 0000
```

### Décodage

Le format « varint » (en anglais) permet de coder des nombres entiers sur plusieurs octets si nécessaire, mais en utilisant le moins d'octets possibles. Rappelons que sur un octet (8 bits), on peut coder les nombres de 0 à  $2^8-1$  (255), sur 2 octets (16 bits) les entiers de 0 à  $2^{16}-1$  (65'535), etc. D'une manière générale, sur  $k$  bits, on peut coder les entiers de 0 à  $2^k-1$ .

Mais il faut un moyen pour savoir si l'entier est codé sur 1 ou plusieurs octet. La méthode utilisée par « varint » est la suivante : le bit de poids fort, celui le plus à gauche de l'octet, sert d'indicateur : s'il vaut 1, cela signifie que l'octet suivant sert encore à coder le même entier. L'information n'est donc contenue que dans 7 bits. De plus, il faudra lire les octets, par bloc, de droite à gauche. Nous avons mis des couleurs ci-dessous pour bien expliquer les choses.

```
00000000 -> 0
00000001 -> 1
00000010 -> 2
00000011 -> 3
10101101 00000110 -> 1100101101 -> 813
00000010 -> 2
10111110 11001000 00000010 -> 1010010000111110 -> 42046
11001111 11000111 00000010 -> 1010001111001111 -> 41935
00001110 -> 14
11001001 11000111 00000010 -> 1010001111001001 -> 41929
11101010 10111111 00000010 -> 1001111111101010 -> 40938
10111010 10111011 00000010 -> 1001110110111010 -> 40378
10001101 00001000 -> 10000001101 -> 1037
10010010 10110100 00000010 -> 1001101000010010 -> 39442
11010011 00001010 -> 10101010011 -> 1363
11110000 10111011 00000010 -> 1001110111110000 -> 40432
11010111 00001010 -> 10101010111 -> 1367
11010001 11000001 00000010 -> 1010000011010001 -> 41169
11011000 11000001 00000010 -> 1010000011011000 -> 41176
10000010 10110101 00000010 -> 1001101010000010 -> 39554
11100101 00000100 -> 1001100101 -> 613
10110101 10111011 00000010 -> 1001110110110101 -> 40373
11110010 00001100 -> 11001110010 -> 1650
00000000 -> 0
0000 -> à ne pas prendre en compte...
```

On a obtenu la liste suivante :

0, 1, 2, 1, 813, 2, 42046, 41935, 14, 41929, 40938, 40378, 1037, 39442, 1363, 40432, 1367, 41169, 41176, 39554, 613, 40373, 1650, 0

À quoi correspondent ces nombres ?

Les nombres apparaissent dans un ordre strict et décrivent différentes propriétés du deck :

- 0 - octet réservé 0x00 (toujours le même)
- 1 - version du code (1 pour l'instant, mais cela pourra changer dans le futur)
- 2 - mode de jeu (1 pour Libre et 2 pour Standard)
- 1 - nombre de héros (toujours 1 dans un deck construit)
- 813 - DBF ID du héros (ici **Anduin Wrynn**, le héros de la classe prêtre)
- 2 - nombre de cartes en un exemplaire
- DBF IDs de ces 2 cartes : 42046, 41935
- 14 - nombre de cartes en deux exemplaires
- DBF IDs de ces 14 cartes : 41929, 40938, 40378, 1037, 39442, 1363, 40432, 1367, 41169, 41176, 39554, 613, 40373, 1650
- le dernier nombre donne le nombre de cartes apparaissant en plus de deux exemplaires (toujours 0 dans des decks construits).

On peut trouver le nom des cartes correspondantes sur HearthstoneJSON (<https://hearthstonejson.com/docs/cards.html>).

- 42046 : **Lyra, l'éclat du soleil**
- 41935 : **Élise la Pionnière**
- 41929 : **Drake primordial**
- 40938 : **Potion de feu draconique**
- etc.

### **Exercice 4.1**

Vérifiez que le code AAECAQcl0gL8BJEGsgigsAK5sgLRwwLMzQILkAORA9QEjgX7DIKtAtKuAoawAvi8AqLHAsnHAgA=, donné en exemple au début de ce chapitre, correspond bien au deck intitulé **L'Écraseur : Gloire au Roi Mosh**.

## Cinquième section : quelques sites intéressants

**Hearthstone**, le site officiel : <http://eu.battle.net/hearthstone/fr/>

**Hearthstone, Lexique des termes du jeu** :

<http://www.millenium.org/hearthstone-heroes-of-warcraft/accueil/guides/lexique-des-termes-du-jeu-lexique-definitions-des-termes-techniques-du-jeu-de-cartes-101316>

**Hearthstone Decks** : <http://www.hearthstone-decks.com/>

Pour trouver toutes les cartes de Hearthstone, et bien d'autres choses intéressantes.

**Hearthstone Top Decks** : <http://www.hearthstonetopdecks.com/>

Les meilleurs decks de la méta, selon les professionnels du jeu

**hsreplay.net** : <https://hsreplay.net/>

Statistiques sur les decks joués. Donne une idée de la méta heure par heure, d'après les résultats de Hearthstone Deck Tracker.

**Vicious Syndicate** : <https://www.vicioussyndicate.com/>

Le « vS Data Reaper Report » permet de voir la force des différents archétypes de decks et d'avoir un aperçu de la méta.

**tempostorm.com** : <https://tempostorm.com/hearthstone>

L'onglet *Meta Snapshot* montre les decks les plus joués du moment ainsi que leur classement.

**Hearthstone Wiki** : <http://hearthstone.gamepedia.com/>