

UN NOUVEAU CRITERE D'EVALUATION GENETIQUE DU CHEVAL DE CSO : le classement

ANNE TAVERNIER

INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, 78352 Jouy-en-Josas

Le concours hippique est une discipline sportive à part entière : le cheval est un athlète. Mais quel type d'athlète est-il ? Qu'est ce que «réussir une carrière de concours hippique» ? Avant même de discuter de l'alchimie savante qui combine les caractères physiques et mentaux du cheval de sport, on peut se demander ce qui définit sa performance sportive, et s'il est possible de la mesurer de façon objective.

Il est facile de distinguer le cheval international du cheval de classe D, mais le généticien a besoin de connaître le niveau de performance de tous les apparentés d'un cheval et notamment de tous les produits d'un père pour estimer sa valeur génétique. Il faut pouvoir hiérarchiser le bon, le moyen et le mauvais et cela avec précision puisque la variabilité des produits d'un même père est importante. Pour différencier deux pères il faut pouvoir différencier des ensembles eux-mêmes hétérogènes. Le critère doit permettre de hiérarchiser les chevaux du meilleur au plus mauvais. Nous n'avons pas à notre disposition une épreuve qui réunirait et donc classerait tous les chevaux (22845 chevaux en CSO en 1990) ! Il faut donc d'une part que les résultats de chaque épreuve mesurent réellement la différence de qualité des chevaux qui y ont participé et, d'autre part, il faut pouvoir situer le niveau d'une épreuve par rapport aux autres.

Du classement d'une épreuve au classement général de tous les chevaux

Déterminer objectivement le niveau technique d'un concours de saut d'obstacles tient de la gageure. Il dépend, bien sûr, de la hauteur et de la largeur des obstacles (encore sont-ils

nombreux et différents), mais surtout de l'agencement de ces obstacles sur le terrain, de la distance, du tracé entre deux obstacles, de la combinaison d'obstacles aux profils divers, de la vitesse minimale avec laquelle on doit franchir ces obstacles, de la nature du terrain de chaque abord, et même des détails dans la construction de chaque obstacle : couleur, forme... Donner une indication des difficultés par la catégorisation des épreuves (A-B-C-D ; 1-2-3) ne permet pas d'avoir une échelle de mesure qui autorise les comparaisons (à quelle distance se situe une A2 d'une C1 ?) et ne permet pas de différencier les 7000 épreuves disputées annuellement.

Hiérarchiser les résultats d'un cheval (barres tombées, refus, temps réalisé) sur deux parcours différents devient alors impossible car il faudrait combiner la détermination du niveau technique de chaque parcours et l'écart à ce niveau d'après ces résultats : combien de points vaut réellement une barre tombée, dans une comparaison générale ? Est-il mieux de faire sans faute dans une C2 très disputée ou 3 barres dans une B2 à 10 partants ? Le problème n'est donc pas d'abord de savoir avec quels moyens le cheval réussit, ou quel est le déterminisme génétique de ces moyens mais bien qu'est ce que réussir ? Et il n'y a pas de

mesure «physique» de cette réussite en compétition.

COMMENT MESURER LA REUSSITE ?

Beaucoup de critères ont été envisagés. Les critères les plus simples sont basés sur le rapport du nombre de classements sur le nombre de départs. Cela revient à attribuer un «1» à un cheval classé et un «0» à un cheval non classé. Il faudrait donc déjà analyser cette variable comme une variable discrète et non comme une proportion mais surtout ce critère mettrait sur un plan d'égalité le cheval champion du monde et le cheval classé une fois dans une épreuve du plus petit niveau !

Les autres critères sont basés sur les gains attribués à chaque place ou sur un nombre de points qui repose sur le même principe. Ces critères posent de nombreux problèmes. Il n'y a pas de gain ou de points pour les chevaux «non classés» ce qui les élimine du modèle alors qu'ils ont réalisé dans l'épreuve une mauvaise performance. Au pire, on leur attribue un «zéro» ce qui les met à distance arbitraire et égale, quel que soit le niveau de l'épreuve, des autres chevaux classés (sans compter que ce «zéro» a une influence très différente suivant l'unité de mesure). La distribution des gains en fonction de la place suit en général une loi

Comment évaluer les chevaux par le classement ?

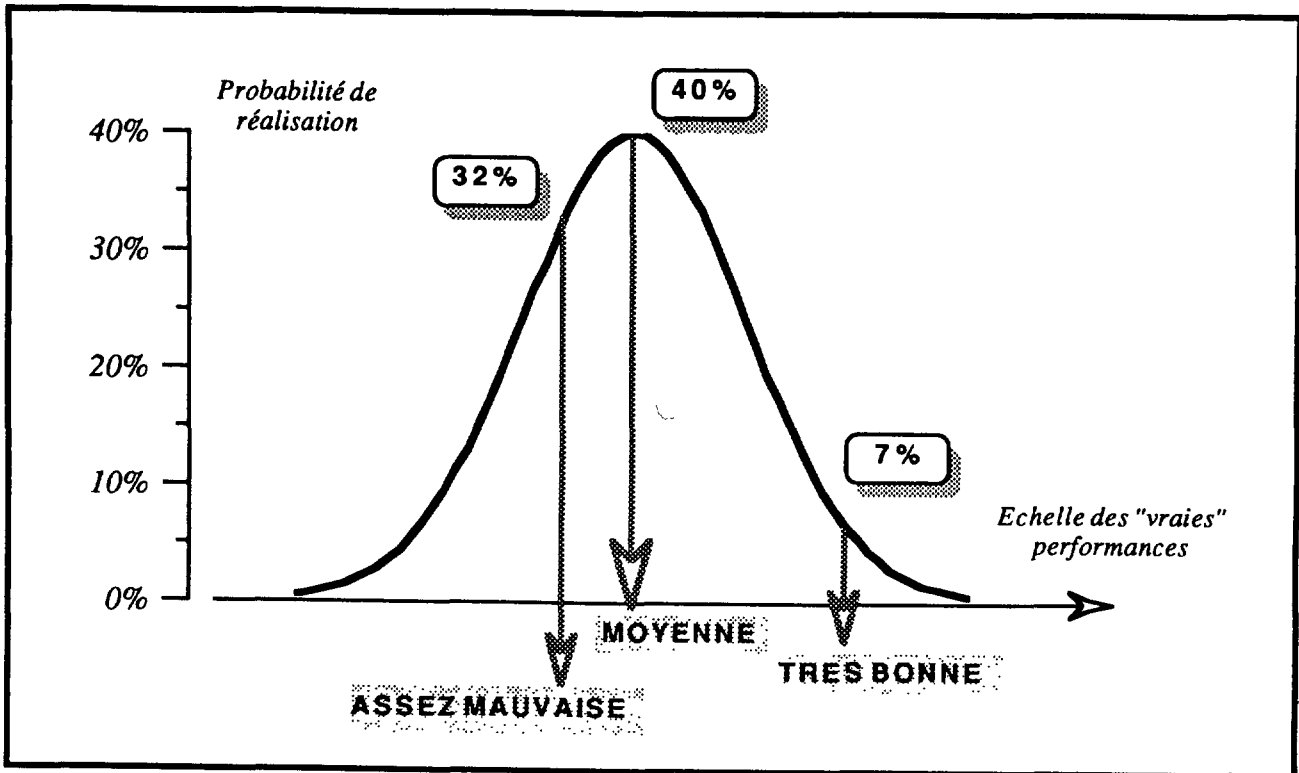


Figure 1 : Probabilité de réalisation des différentes performances d'un cheval.

exponentielle, des transformations ont été utilisées pour se ramener à une fonction linéaire. Mais une fonction linéaire de la place ne tient pas compte du nombre de concurrents dans l'épreuve et n'élimine pas le problème de la mesure du niveau de l'épreuve. En effet, le niveau des dotations ne reflète pas toujours la difficulté de la compétition, ou le niveau de la concurrence rencontrée.

QUE LE MEILLEUR GAGNE !

Tous les critères précédents reposent sur l'attribution d'une «note» au classement (ou à son absence) et d'une «note» au niveau de l'épreuve. Seulement, la vraie performance du cheval c'est uniquement d'avoir été meilleur, dans une épreuve donnée, que les autres chevaux de la même épreuve. Et ensuite, c'est d'avoir été moins bon dans une autre épreuve avec d'autres concurrents, et que ces concurrents eux-mêmes aient été vainqueurs ou vaincus dans d'autres épreuves... Ce sont ces multiples comparaisons qui peuvent nous fournir une hiérarchie entre les chevaux.

Le cheval réalise dans une épreuve une «vraie» performance sportive que nous ne pouvons mesurer directement comme nous venons de le voir.

Cette performance, pour un cheval donné qui possède un certain potentiel et qui est soumis à des effets de milieu connus (comme son âge), a une espérance (moyenne) de réalisation fixe. Par exemple, on pense que tel cheval (A) réalise tel parcours donné (réel) en moyenne avec 1 faute. Cependant, compte tenu de nombreux facteurs non maîtrisés dus au hasard (les jours avec et sans forme, l'état de santé transitoire etc...), la performance qu'il va réellement faire un jour donné varie autour de cette espérance moyenne. Dans notre exemple, le cheval A est parfois sans faute et parfois avec 3 fautes. Cela permet de définir une loi de probabilité (loi normale) de réalisation d'une performance pour chaque cheval : autour d'une performance «moyenne» que le cheval est capable

de réaliser, et qui dépend de sa valeur génétique ainsi que des effets environnementaux connus, il y a d'autres performances que le cheval a plus ou moins de chance de réaliser (Figure 1).

Au cours d'une épreuve, chaque cheval réalise une performance, qui correspond à une certaine probabilité d'accomplissement, le classement qui en résulte dépend des positions relatives des performances de tous les chevaux de l'épreuve. C'est ce qui est représenté figure 2 avec une épreuve à 3 chevaux : A, B, C. Les chevaux A et C ont réalisé une performance supérieure à leur performance moyenne. La performance de A avait 13% de chance de se réaliser, celle de C 19%. Le cheval B a réalisé une performance légèrement inférieure à sa performance moyenne, elle avait 30% de chance

Tableau 1 : Exemple d'une épreuve à 3 chevaux : probabilité des différents classements - L'écart entre l'espérance des performances de A et de B est de 1,2, entre celle de B et de C est de 0,6 avec 1 point représentant l'écart-type de la loi de densité des performances.

Classement	Probabilité
A-B-C	49%
A-C-B	27%
B-A-C	15%
B-C-A	3%
C-A-B	5%
C-B-A	2%

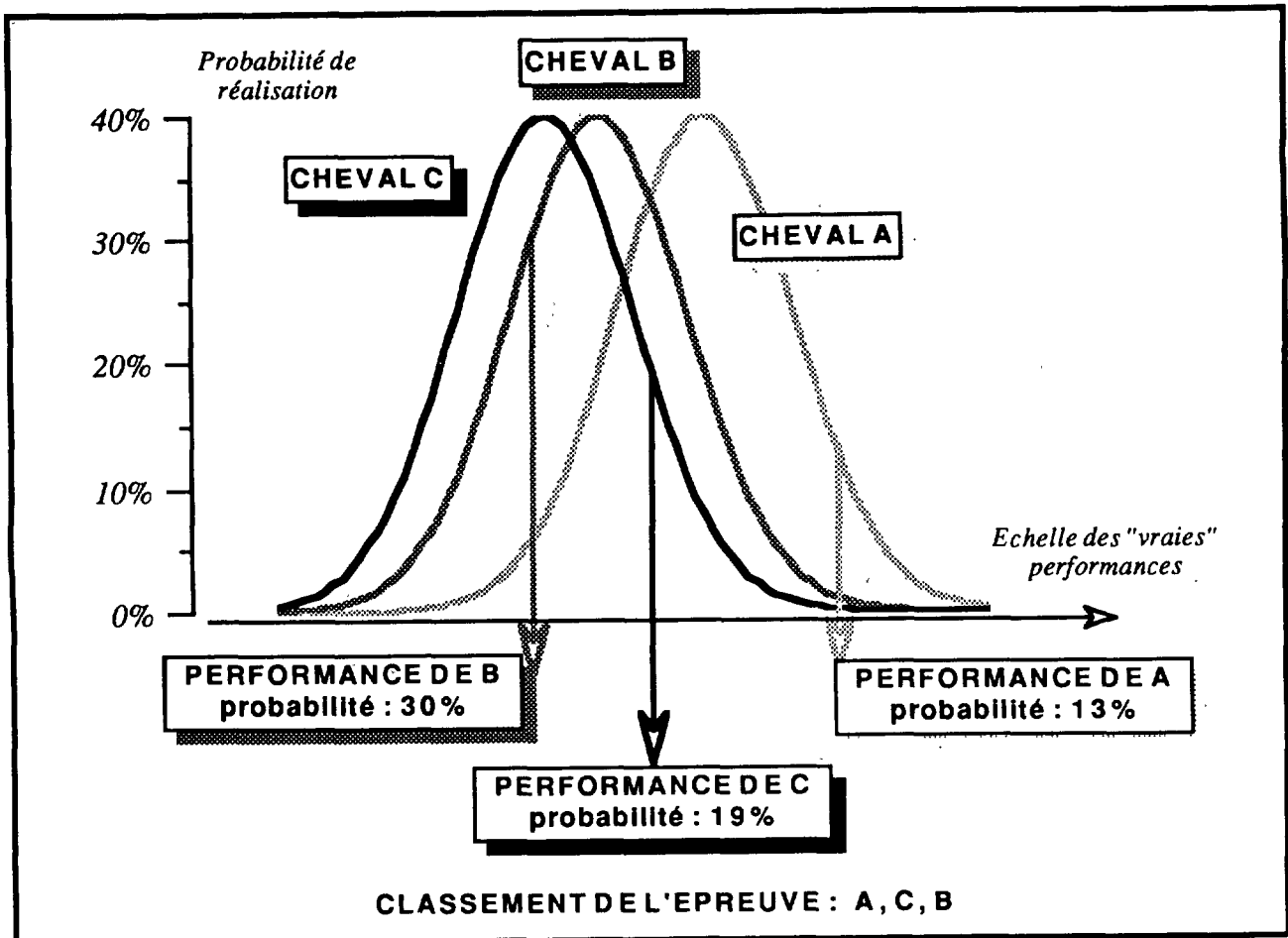


Figure 2 : Exemple d'une épreuve à 3 chevaux. Le classement s'explique par les lois de probabilité de réalisation des performances de chaque cheval.

de se réaliser. Le résultat de l'épreuve est que la performance de A est supérieure à celle de C qui est supérieure à celle de B, le classement est donc A puis C puis B. C'est la seule information à laquelle on ait réellement accès. On remarquera que, dans cet exemple, le classement obtenu n'est pas le même que la hiérarchie entre le niveau moyen de performance de chaque cheval : en moyenne, A est meilleur que B qui est meilleur que C. La probabilité d'une telle épreuve est de $13\% \times 19\% \times 30\% = 0,7\%$. Les chevaux pouvaient réaliser d'autres performances, tout en conservant le même classement. La somme des probabilités de chaque combinaison de performances qui conduit à un classement identique donne la probabilité de ce classement. Ainsi on peut montrer que, dans notre exemple, compte tenu de l'écart moyen entre A, B et C, les probabilités de chaque classement sont celles reportées au tableau I.

ESTIMATION DU MEILLEUR CHEVAL : STATISTIQUE DU MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE.

Dans la pratique, on ne connaît pas l'espérance du niveau moyen de chaque cheval, c'est justement lui que nous cherchons à estimer. On connaît par contre le résultat de toutes les épreuves sous forme de classement. On va donc calculer, avec la plus forte probabilité, les valeurs des chevaux qui ont conduit à leurs classements.

La composante génétique de notre caractère est obtenue de la même manière : elle prend la valeur la plus probable compte tenu de la variation des résultats de chaque cheval et de leur relation de parenté, donc du pourcentage de gènes qu'ils ont en commun.

La recherche de ces valeurs demande la résolution d'un système dans lequel chaque cheval est lié à tous les chevaux qui ont participé aux mêmes épreuves que lui. Chaque paire, que le

cheval soit ou non «dans l'argent», permet de faire des comparaisons. Ainsi, on sait, qu'en moyenne, dans une année, un cheval de CSO est sorti 14 fois et a rencontré 353 chevaux différents. Cela représente, sachant qu'il y a maintenant plus de 20000 chevaux en compétition de CSO chaque année, un total de plus de 3 millions de comparaisons deux à deux... sur une seule année ! La seule difficulté réside donc dans la résolution mathématique du système d'équations.

Le modèle qui explique la valeur moyenne du cheval sur l'échelle de performance (sous-jacente) comprend l'effet du sexe, l'effet de l'âge, l'effet de la valeur génétique additive, l'effet de milieu commun aux différentes performances d'un même cheval (même passé, même milieu d'entraînement, même cavalier...). L'addition de la valeur génétique et de l'effet de milieu permanent représente la qualité sportive du cheval. Tous les chevaux sortis en compétition, y compris les non-gagnants, ont donc été estimés pour leur qualité sportive. La

Comment évaluer les chevaux par le classement ?

valeur génétique n'est pour l'instant représentée que par la composante paternelle : seul les étalons ont un indice génétique. L'estimation de la valeur génétique de tous les chevaux à partir de tous leurs apparentés, comme dans le «BLUP» actuel, est prévue, pour Octobre 1992. L'étude présentée ici a porté sur les chevaux sortis en concours hippique de 1985 à 1989 soit sur 5 années ce qui représentait environ 40000 chevaux, 1300000 départs dans 33000 épreuves et 37000000 de comparaisons des chevaux 2 à 2. L'héritabilité (égale à la variance génétique sur la variance des performances) du caractère est de 16%, la répétabilité (égale à la variance génétique ajoutée à la variance de l'effet de milieu permanent sur la variance des performances) est de 29%. L'échelle de la variable sous-jacente est indifférente, on peut donc présenter les résultats de différentes manières. La manière la plus proche de l'indexation actuelle est de considérer que l'écart-type de la performance sous-jacente est de 20 et que les indices, sportifs ou génétiques s'expriment en fonction de cette unité.

Précision des estimations

Quand on cherche à quantifier quoi que ce soit, il est toujours nécessaire de se rappeler qu'on ne peut le faire qu'avec une certaine précision, une certaine confiance. Cette confiance est mesurée par un coefficient de détermination (le CD) qui varie de 0 (pour une valeur inconnue) à 1 pour une valeur connue avec certitude. Cela est valable pour l'estimation de la valeur génétique comme pour l'estimation de la valeur sportive. Cette précision dépend, pour chaque cheval, et par extension pour chaque valeur génétique des pères :

1) *du nombre d'épreuves auxquelles le cheval a participé.* Plus le nombre d'épreuves est important, mieux on connaît le cheval.

2) *du nombre de partants par épreuves.* Plus le nombre de chevaux qui participent à une épreuve est élevé, plus le nombre de comparaisons d'un cheval avec un autre l'est aussi et par conséquent

la précision de l'estimation du cheval est plus importante.

3) *de la place du cheval.* Quand un cheval est classé dans le milieu d'une épreuve, on connaît à la fois des chevaux meilleurs et des chevaux moins bons que lui. Par contre, quand un cheval est classé premier, on ne connaît que des chevaux moins bons que lui. De même, quand il est dernier, on ne connaît que des chevaux meilleurs que lui. Le premier cas apporte donc plus d'informations : le cheval est «encadré», la précision est plus importante. D'autre part, un cheval «non-classé» dans une épreuve, c'est-à-dire non-gagnant, est considéré comme placé ex-aequo avec tous les autres «non-classés». Il y a donc de nombreux ex-aequo (en général, les 3/4 des partants d'une épreuve). Le fait d'être ex-aequo donne moins de précision,

que l'on sait déjà. Pour avoir une information, il faut que le cheval participe à des épreuves dans lesquelles il y a une véritable concurrence, donc des chevaux du même niveau.

Influence de l'âge et du sexe

L'effet du sexe n'est pas significatif. L'estimation de l'effet de l'âge est pour une fois très intéressante car elle n'illustre plus, comme dans le cas d'un critère basé sur les gains, une différence de dotation mais bien une évolution de l'aptitude sportive en fonction de l'âge. On constate, en moyenne, que l'effet est favorable jusqu'à l'âge de 9 ans, ensuite le cheval commence à vieillir et donc à régresser. Cette régression est cependant lente : l'effet «13 ans et plus» se situe entre l'effet 7 ans et l'effet 8 ans. C'est de 4 à 6 ans que l'influence du manque de

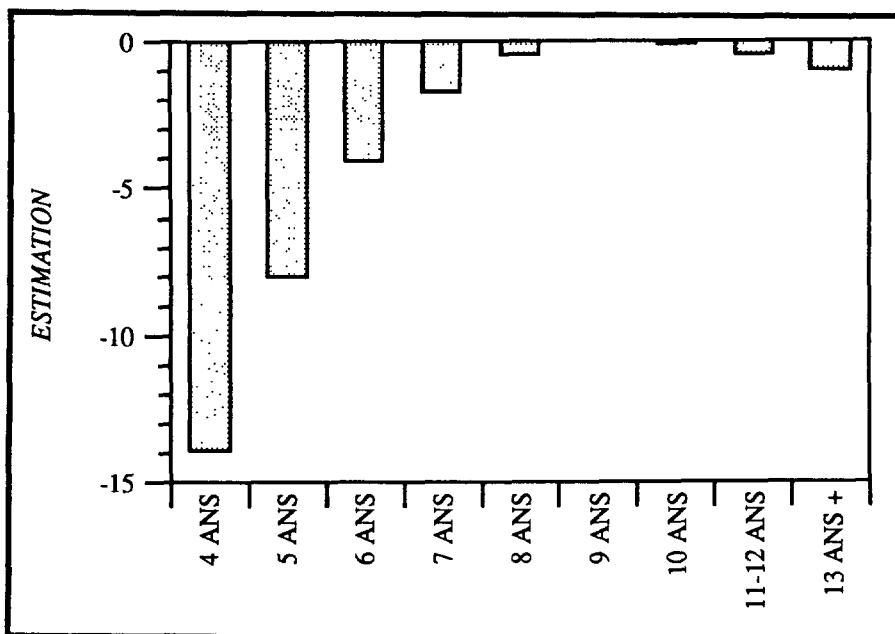


Figure 3 : Effet de l'âge sur la performance.

puisqu'au lieu d'être hiérarchisé au milieu des autres, le cheval est considéré à égalité avec beaucoup de concurrents.

4) *du niveau des concurrents.* Quand un cheval bat des concurrents beaucoup plus faibles que lui ou est battu par des concurrents beaucoup plus forts que lui, cela n'apporte pas beaucoup d'informations. L'épreuve ne fait que confirmer ce

maturité est la plus sensible. Les valeurs reportées à la figure 3 sont exprimées en points de performance, celle-ci étant standardisée à un écart-type de 20. On peut traduire ces points en probabilité de victoire. Ainsi, pour deux chevaux de même qualité génétique et bénéficiant du même niveau d'effet de milieu, le cheval de 4 ans aura 72% de chance de se faire battre par le cheval de 9 ans. De même, on

Comment évaluer les chevaux par le classement ?

Tableau II : Corrélations entre les indices des étalons selon différents critères. Fichier complet (3184 étalons) au dessus de la diagonale. Fichier des étalons avec un CD = 0,60 (582 étalons) en dessous de la diagonale.

Indices basés sur...	Nouveau	Log(G)	Log(G/D)	Log(G/C)	Log(G épreuve)
Nouveau		0,67	0,68	0,55	0,39
Log(G)	0,87		0,90	0,89	0,81
Log(G/D)	0,85	0,94		0,89	0,81
Log(G/C)	0,76	0,94	0,93		0,91
Log(G épreuve)	0,73	0,90	0,89	0,97	

peut montrer qu'il aura 57% de chance de se faire battre par un cheval de 6 ans et bien sûr 50% par un cheval du même âge.

EVALUATION DE LA VALEUR GENETIQUE.

Les estimations des pères nous donnent une première approche des estimations génétiques et permettent des comparaisons entre critères de mesure de la performance. La valeur de ces indices indiquent en points de performance peut être transcrite en termes de probabilité de victoire, comme nous l'avons fait pour illustrer la valeur des effets de l'âge. Ainsi, par exemple, un produit moyen de Grand Veneur (+27 ; 0,92) qui hérite donc de la moitié de son potentiel génétique, a 58% de chance de se classer devant un produit moyen de Count Ivor (+17 ; 0,88), 71% de chance de se classer devant un produit moyen d'Acrobate (0 ; 0,82) et 77% de chance de se classer devant un produit moyen de Le Frimas (-9 ; 0,84).

Nous avons vu, au début de cet article, qu'on pouvait imaginer plusieurs manières de mesurer la performance d'un cheval en compétition. Tous ces critères reposaient bien sûr sur la subjectivité des gains et la manière de les combiner. Il est intéressant de comparer toutes ces estimations avec notre nouveau caractère basé sur le classement. Nous avons choisi de calculer les corrélations (Tableau II) entre l'estimation des pères à partir de notre caractère, et leur estimation obtenue à partir des performances réalisées par leurs produits mesurées par :

- le logarithme du gain annuel ;
- le logarithme du gain annuel divisé par le nombre de départs du cheval dans l'année ;

- le logarithme du gain annuel divisé par le nombre de classements du cheval dans l'année ;
- le logarithme du gain du cheval dans chaque épreuve (avec donc plusieurs performances dans l'année).

Ces corrélations ne portent que sur les étalons qui ont un indice basé sur les gains (soit 3184 étalons et non les 3645 estimés par notre critère). On remarque que le nouveau critère est relativement proche du gain annuel ou du gain annuel par départ mais représente par contre un caractère nettement différent du gain annuel divisé par le nombre de classements ou du gain de chaque épreuve. Le fait que ces critères ne tiennent pas compte des sorties dans lesquelles le cheval n'a pas réussi est sans doute la principale explication. Il est plus juste de tenir compte à la fois du niveau dans lequel le cheval sort et de sa réussite dans ce niveau. C'est l'ensemble qui permet de juger de sa qualité. De plus, les critères qui font complètement abstraction des sorties non gagnantes comme le Log(gain annuel/nombre de classement) et le Log(gain par épreuve) sont certainement plus sensibles à l'effet non estimé du cavalier. En effet, un cheval sort dans une certaine épreuve à cause de la catégorie de son cavalier. Il va donc, quand il se classe, toucher une certaine somme d'argent qui dépend de cette catégorie. Mais si il n'est pas vraiment à la hauteur, il va se classer peu souvent ce qui n'apparaît pas dans les critères précités.

ETUDE DU PROGRAMME DE CSO

L'ancien critère collait au programme des compétitions, notre nouveau critère en est indépendant. Il va donc nous permettre de juger de la bonne gestion de ce programme : celui-ci permet-il de mettre réellement

en évidence les meilleurs éléments et récompense-t-il le meilleur au juste prix ? Pour mettre en évidence les meilleurs éléments, un programme doit :

- disposer de compétitions homogènes : s'il y a un trop grand écart entre la qualité des chevaux d'une même épreuve, le résultat qui en résulte est peu informatif ;
- avoir des paliers réguliers entre le plus petit niveau et le haut niveau pour conserver l'homogénéité des compétitions ;
- récompenser justement le mérite de façon à ne pas mélanger les objectifs : réussite et gain.

Des différences étonnantes entre les partants d'un même niveau !

L'homogénéité au sein d'une classe d'épreuve est mesurée par la variance des estimations des valeurs sportives des partants d'un même niveau d'épreuve. Les niveaux sont relativement peu homogènes mais cela pourrait être pire ! Ce sont les classes B qui sont les plus homogènes et les classe D les moins. En classe C, la "C2" est la moins homogène. Il en est de même en "D2". Pour les classes A, c'est la A1 qui se distingue comme étant moins homogène et en classe B, la B1 comme étant la plus homogène. Il y a sans doute une gestion différente des indices intra catégorie dans les différentes classes. Les indices «2» dans les classes D et C sont un peu les fourre-tout. Les D1 rassemblent sans doute des chevaux qui sont à leur maximum en classe D et des chevaux de qualité sortis par de jeunes cavaliers. Les A1 font la liaison entre le niveau national et international.

Manque de régularité dans la hiérarchie de la compétition

Comment évaluer les chevaux par le classement ?

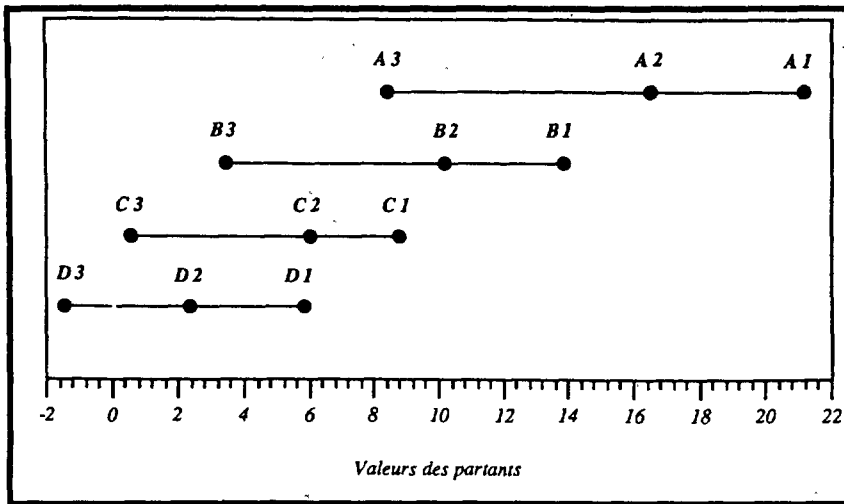


Figure 4 : Valeurs moyennes des partants des différents niveaux du programme des compétitions de CSO.

La figure 4 illustre la moyenne des estimations des partants par catégorie. La moyenne générale des partants est de 6.5 avec un écart-type de 10.0. On recense 10 niveaux réellement différents (Les C1-A3 sont semblables, les C2-D1 aussi). Pour la régularité, on constate que l'indice «moyen» de chaque classe (D2, C2, B2, A2) suit bien la progression espérée mais que l'écart s'étire vers les niveaux élevés. Il va donc être plus difficile d'évoluer au fur et à mesure que le niveau monte, ce qui n'est pas logique : même si le nombre d'élus diminue vers le haut niveau, une bonne progression doit garder des paliers réguliers. Dans chaque classe, on s'étire plutôt vers le niveau «3». La progression entre les niveaux 3 et 2 sera d'autant plus difficile que le niveau d'épreuve augmente (D,C,B,A).

Entre classes, l'indice «1» de chaque classe est en fait inférieur à l'indice «2» moyen de la classe supérieure (qui de plus est censé lui correspondre) : les B1 sont inférieures aux A2, les C1 sont inférieures aux B2, seules les D1 arrivent à peu près au niveau des C2. Par contre l'écart entre l'indice «3» et l'indice «2» de la même classe est plus important qu'entre l'indice «3» de deux classes adjacentes, ce qui revient à dire que les indices «3» sont bien inférieurs aux indices «2» de la classe inférieure qui sont censés leur correspondre.

Toutes ces déviations doivent entraîner une mauvaise gestion des niveaux : il est plus facile de progresser entre catégories d'indice «3» en

indice «3» qu'à l'intérieur d'une même catégorie. Alors que justement, l'indice «3» n'est là que pour permettre à un cavalier d'une catégorie donnée de débiter un cheval peu expérimenté. Pour progresser, le cavalier va être en fait tenté de changer de catégorie. Par contre pour le cavalier bien intégré à sa catégorie, qui gagne dans l'indice «1», et souhaite donc monter de catégorie, cela va être difficile car ces niveaux «1» n'atteignent pas les niveaux moyens («2») de la catégorie au-dessus.

Récompense-t-on les meilleurs ?

Si on compare les dotations proposées et le niveau réel des chevaux partants, on constate que le même mérite va être différemment récompensé (Tableau III). D'un point de vue strictement hiérarchique, les A3 sont sur-dotées, les C2 et D1 sont sous-dotées, les B3 sont sur dotées, les D2 sont sous-dotées, les C3 sont surdotées, ce qui veut dire que les chevaux dans les épreuves correspondantes ont

Tableau III : Hiérarchie des épreuves par la qualité de leurs partants et par les dotations.

Hiérarchie estimation	Hiérarchie dotation
A1	A1
A2	A2
B1	B1
B2	B2-A3
A3-C1	C1
C2-D1	B3
B3	C2
D2	D1-C3
C3	D2
D3	D3

trop ou pas assez de gains par rapport à leur niveau réel. Cela retentit sur les règles de qualification puisqu'elles s'appliquent à des gains alors que pour un même gain obtenu dans des épreuves de catégorie différentes les chevaux n'ont pas le même niveau. Ce qui explique aussi que les chevaux partant dans des épreuves d'indice «3» atteignent peut être trop facilement leur seuil admissible alors qu'il ne sont pas réellement au niveau pour monter d'indice.

CONCLUSION

Raisonnement la performance du cheval uniquement à partir de ses classements dans de nombreuses épreuves sans aucun arbitraire permet de s'affranchir d'une grosse part de subjectivité dans la mesure de la qualité du cheval. La démonstration que ce calcul est possible, grâce aux jeux des probabilités, met à notre disposition non seulement un critère de sélection (cette mesure est héritable) mais aussi une appréciation de la qualité sportive d'un grand nombre de chevaux que l'on pourra relier à d'autres paramètres. De plus, ce nouvel outil permet une critique constructive du programme de compétition. Il est maintenant possible de chercher à affiner notre modèle génétique.