

# **Théorie et gestion des risques**

## Préparation à l'examen

### 1- Définitions

1. prime de risque d'une richesse aléatoire
2. équivalent certain d'une richesse aléatoire
3. aversion absolue au risque
4. aversion relative au risque
5. dominance stochastique d'ordre 1
6. dominance stochastique d'ordre 2
7. règle de la Lloyds
8. principe de mutualité
9. partage efficace des risques
10. complétude des marchés
11. contrat de futures
12. contrat forward
13. couverture, assurance, diversification
14. swap
15. position longue
16. position courte
17. taux sans risque implicite d'un contrat à terme
18. dividende implicite d'un contrat à terme sur actions
19. parité cours comptant cours à terme
20. call
21. put
22. prix d'exercice
23. option américaine
24. option européenne
25. option asiatique
26. parité put-call
27. delta, gamma, vega, theta, rho d'une option
28. modèle de Black et Scholes
29. modèle de Cox, Ross et Rubinstein
30. actif synthétique

## 2- Problèmes

*AVERTISSEMENT. Vous trouverez ci-dessous des indications sur la manière de répondre aux questions posées, qui ne sont pas des solutions développées, et ne suffisent pas, en l'état, pour répondre de manière satisfaisante à l'examen.*

1- Monsieur Philippe possède un haras valant 1 million d'euros, mais pouvant subir un dommage de 10% de sa valeur avec une probabilité de 20%. Il hérite d'un portefeuille d'actions dont la valeur liquidative est, de manière équiprobable et indépendante du dommage subi par la maison, de 100 k€ ou 200 k€. La variance de sa richesse a-t-elle augmenté ? Est-il plus riche qu'avant ? La valeur de son patrimoine est-elle plus risquée ?

*Indications : Après héritage, la richesse de Monsieur Philippe peut prendre les valeurs 1200, 1100 et 1000 avec des probabilités respectives de 40%, 50% et 10%. La variance de sa richesse est passée de 1600 à 4100. Utiliser les concepts de dominance stochastique d'ordre 1 et d'ordre 2 (la nouvelle richesse domine l'ancienne à l'ordre 1).*

2- La fameuse collection de bijoux de la Castafiore vaut 100 M€. La cantatrice a accepté d'en prêter une partie, estimée à 19 M€ pour une exposition dont la recette sera versée à une œuvre caritative. Supposons qu'une catastrophe puisse advenir (incendie, vol...), avec une probabilité de 10%, dont la conséquence serait la destruction totale des bijoux exposés. Supposons en outre que la fonction d'utilité de la Castafiore, rationnelle au sens de VNM, est représentable par la racine carrée de la valeur de sa collection.

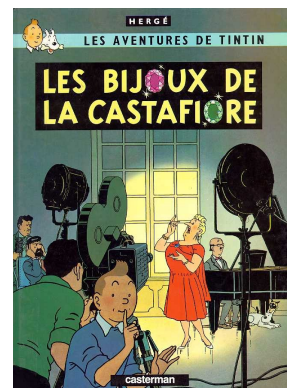
Montrez que l'équivalent certain de la valeur de la collection de bijoux, une fois que la Castafiore a accepté de participer à l'exposition, vaut 98,01 M€.

Montrez que la prime de risque que la Castafiore lie à la valeur de sa collection de bijoux, une fois qu'elle a accepté de participer à l'exposition, vaut 0,09 M€.

Une compagnie d'assurance propose à la Castafiore le contrat suivant : la Castafiore paye une prime d'un montant  $X$  (on suppose que la Castafiore devra vendre une partie de sa collection), en échange du remboursement des bijoux exposés si la catastrophe se produit, la prime  $X$ , restant acquise à la compagnie si la catastrophe ne se produit pas. Montrer que la Castafiore est disposée à céder au plus 1,99 M€ de bijoux pour souscrire un tel contrat.

Quel est le gain espéré que réalise la compagnie d'assurance dans un contrat par lequel elle s'engage à verser 19 M€ à la Castafiore avec une probabilité de 10%, et 0€ avec une probabilité de 90%, après que la Castafiore lui a payé une prime d'assurance d'un montant  $X$  ? En déduire que le gain espéré est nul si  $X$  vaut 1,9 M€. Conclure sur les conditions d'acceptabilité du contrat d'assurance.

*Indications : La richesse de la Castafiore (pendant l'exposition, avant assurance) vaut 100 avec une probabilité de 90%, et 81 avec une probabilité de 10%. Utiliser les définitions de l'équivalent certain et de la prime de risque. Après assurance, la richesse de la Castafiore est certaine et vaut  $100 - X$ . Le gain de la compagnie d'assurance vaut  $X$  avec une probabilité de 90%, et  $X - 19$  avec une probabilité de 10%.*



3- Monsieur de la Bath a un patrimoine valant 2 ou 4 de façon équiprobable. Il est prêt à payer 0,103 pour avoir une richesse certaine égale à 2,897. Monsieur Bond a un patrimoine valant 3 ou 5 de façon équiprobable. Il est prêt à payer 0,0847 pour avoir une richesse certaine égale à 3,9153. Qui a l'aversion absolue au risque la plus grande ? Qui a l'aversion relative au risque la plus grande ?

On suppose que les événements affectant les patrimoines de M. de la Bath et de M. Bond sont indépendants. Quatre états du monde équiprobables peuvent donc être dénombrés. M. de la Bath et M. Bond ont-ils intérêt à s'entendre sur un partage des risques qui leur donnerait respectivement 2 et 3 dans le pire des états du monde, 4 et 5 dans le meilleur des états du monde, et 3 et 4 dans les deux autres états du monde ? S'agit-il du partage selon le principe de la Lloyd's, ou selon le principe d'une mutuelle ? Précisez alors les règles régissant leur accord (part des risques pris en charge par chacun, ou cotisation et indemnité...).

*Indications : Utiliser les définitions de l'équivalent certain et de la prime de risque : espérance de richesse = équivalent certain + prime de risque. Utiliser l'approximation de la prime de risque pour en déduire une évaluation de l'aversion absolue au risque :  $A_A \approx 2 \text{ Variance} / \text{prime de risque}$ . Utiliser la relation : l'aversion relative égale le produit de l'aversion absolue par la richesse (l'évaluer pour la richesse moyenne). Les deux richesses ont la même variance.*

*Comparer les richesses avant et après partage des risques : montrer que la richesse « après » domine à l'ordre 2 la richesse « avant », de sorte que, pour tout riscophobe, le partage des risques proposé est intéressant. Il ne s'agit pas d'un partage selon le principe de la Lloyd's (il faudrait par exemple que M. de la Bath prenne en charge 1/4 de son risque et 1/2 du risque de Bond dans les états où leurs richesses valent (2, 3) et (2, 5), et 3/8 de son risque et 1/2 du risque de Bond dans les autres états). Il s'agit d'un partage selon le principe de mutualité (avec indemnité totale du sinistre, et cotisations égales entre membres).*

4- Identifiez un risque majeur dans votre vie, et décrivez les étapes à suivre pour le gérer.

*Indications : identification, évaluation, sélection des techniques de gestion du risque, mise en œuvre, contrôle.*

5- Dans quelle mesure les marchés financiers permettent-ils de transférer efficacement les risques ?

*Indications : définir un partage efficace des risques, noter l'importance de l'hypothèse de marchés complets, discuter des conséquences de marchés incomplets.*

6- Quels sont les contrats à termes sur matières premières échangés sur Euronext-Liffe ?

*Indications : voir le site internet d'Euronext.*

7- Supposons que dans 6 mois, le cours du fioul de chauffage soit de 2,3 ou de 2,7 dollars américains par gallon, avec des probabilités égales. Le prix actuel est de 2,5.

- a- Quels sont les risques qu'encourt un vendeur de fioul qui a beaucoup de réserves en stock ? Quels sont les risques qu'encourt un gros consommateur qui n'a pas de réserves ?
- b- Comment ces deux parties peuvent-elles utiliser le marché à terme pour réduire leur risques et fixer un prix de 2,5 dollars par gallon (chaque contrat sur le NYMEX porte sur 42000 gallons, soit 1000 barils, et les deux parties raisonnent sur 2000 barils) ?
- c- Peut-on affirmer que chaque partie a amélioré sa situation ? Pourquoi ?

*Indications : Les risques encourus sont liés à la variation des prix. La réduction des risques s'obtient en prenant des positions sur le marché à terme. Chaque partie améliore sa situation dans la mesure où elle est riscophobe.*

8- Vous possédez 100 ha de blé (avec un rendement de 80 q/ha) qui seront moissonnés dans deux mois. Vous voulez être assuré de recevoir 220 € par tonne quel que soit le cours comptant dans deux mois.

- a- Quelles seraient les conséquences d'une prise de position courte sur le marché à terme si le cours comptant à la date de livraison est de 210, 220 ou 230 €/t ?
- b- Que serait-il passé si vous ne vous étiez pas couvert, en supposant les trois scénarios précédents équiprobables ?
- c- Quelle sera la variabilité de vos recettes une fois la couverture mise en place ?

*Indications : Une position courte correspond à une vente à terme. Mesurer les pertes et les gains à l'échéance, leur espérance et leur variance.*

9- Les stratégies suivantes sont-elles des couvertures ou des assurances ? Contre quel risque ?

- a- Fixer le prix d'un billet d'avion pour les vacances prochaines.
- b- Acheter un put sur une action que vous possédez.
- c- Accepter d'acheter une maison dans 6 mois pour 200000 €.
- d- Louer une voiture avec option d'achat dans trois ans.
- e- Mettre en place un swap de taux fixe contre taux variable car vous possédez des actifs à taux variable.
- f- En tant que producteur de bétail, vendre à terme votre bétail dans 3 mois à un prix fixé aujourd'hui.
- g- Payer une prime pour une assurance catastrophes naturelles.
- h- Payer une garantie sur un crédit que vous avez consenti.

*Indications : Couverture = réduction de l'exposition à une perte en même temps qu'abandon d'une possibilité de gain. Assurance = acceptation d'une petite perte certaine (prime) afin d'éviter une perte éventuelle plus grande (dommage).*

10- Vous récolterez 125 tonnes d'oranges dans deux mois. Vous voulez vous garantir un prix de 2 €/kg. Dans deux mois, le cours comptant est 1,5, 2 ou 2,5 €/kg, de façon équiprobable.

- a- Quelles seraient les conséquences d'une prise de position courte sur le marché à terme ?
- b- Quelles seraient les conséquences de l'achat de *puts* de prix d'exercice 2 €/kg pour un montant total de 25000 € ? Dans quel(s) cas exerceriez-vous l'option ?
- c- Comparez les deux alternatives.

*Indications : Une position courte sur le marché à terme permet de se couvrir en vendant à 2 €/kg. L'achat de puts permet de s'assurer contre une baisse du prix en payant une prime de 0,10 €/kg. Le put n'est pas exercé si le cours comptant dans deux mois vaut 2,5 €/kg (put en dehors).*

11- Vous détenez des actions qui cotent 65 € chacune, et que vous avez achetées chacune 60 €. Vous souhaitez les conserver pour profiter d'une hausse du cours.

- a- Quel type de transaction pouvez-vous mettre en place qui vous permette de vendre 65 € même si le cours baisse ?

- b- Si cette transaction coûte 5 € par action et que le cours atteint 75 € au moment où vous décidez de vendre, quel est votre profit par action ? Avez-vous exercé l'option ? Pourquoi ?
- c- Si le cours baisse à 57 €, quel est votre gain ou perte par action ?

*Indications : Définir l'horizon du placement et prendre une position longue sur des puts de prix d'exercice 65 €. Exercer le put s'il est en dedans à l'échéance (cours comptant inférieur au prix d'exercice).*

12- Le cours de change actuel de la livre,  $C$ , est de 1,5 €. Si le taux d'intérêt annuel est de 12% sur la livre, 8% sur l'euro, quel doit être le cours de la livre à un an,  $F$  ? Montrez que si le cours à terme est supérieur de 0,10 € à  $F$ , il existe une possibilité d'arbitrage.

*Indications : Placer 1 £ pendant un an rapporte 1,12 £ en cas de placement en livre, ou permet d'obtenir 1,5 € comptant, qui, placés en euros pendant 1 an, rapportent  $1,5 \times (1 + 8\%)$  € soit 1,62 €. Le cours de la livre à un an est :  $F = 1,62/1,12 \approx 1,45$ . Si  $F$  vaut 1,55, il est possible de réaliser un gain certain sans apport de fonds : emprunter des euros, acheter et placer des livres, tout en les revendant à terme. A l'échéance, pour chaque euro emprunté, on dispose de  $(1/1,5) \times 1,12$  £ revendues 1,55 € l'unité, soit 1,16 €, alors qu'on doit rembourser 1,08 €.*

13- Une action est cotée 100€, le taux sans risque est de 7% par an et le dividende prévisionnel est de 3€ pour l'an prochain. Quel devrait être le cours à terme de l'action dans un an ? Si le cours à terme est en fait supérieur de 1€ à celui que vous venez de calculer, que pouvez-vous en conclure ?

*Indications :  $F = C(1+r-d) = 100(1+7\%-3\%) = 104$ . Si le cours à terme est de 105 €, c'est que le dividende implicite n'est pas de 3 €... ou qu'il existe une possibilité d'arbitrage (emprunter au taux sans risque, acheter au comptant et vendre à terme les actions).*

14- Le cours de l'action X est de 54\$ alors que le cours à un an est de 60\$. Si le taux sans risque est de 15% par an, est-il possible de réaliser des gains d'arbitrage ? Si non, expliquez pourquoi. Si oui, proposez une stratégie d'arbitrage.

*Indications :  $F = C(1+r-d)$ . Ici :  $60 = 54(1 + 15\% - d)$ . Soit  $54d = 2,1$ . Le dividende implicite est de 2,1 \$ soit  $d=3,89\%$ . Si le montant du dividende prévisionnel n'est pas certain, il n'est pas possible de réaliser des gains d'arbitrage. Si le montant du dividende prévisionnel est certain, et supérieur à 2,1 \$ par action, le cours à terme « théorique » est inférieur à 60 \$ : le contrat à terme est sur-évalué. Une stratégie d'arbitrage consistera à emprunter au taux sans risque, acheter une action et la vendre simultanément à un an : par exemple, si  $D = 3$ , alors  $F = 59,1$  et le gain dans 1 an sera  $60 - (54(1 + 15\%) - 3) = 60 - 59,1 = 0,9$  par action. Si le montant du dividende prévisionnel est certain, et inférieur à 2,1 \$ par action, le cours à terme « théorique » est inférieur à 60 \$ : le contrat à terme est sous-évalué. Une stratégie d'arbitrage consistera à vendre une action et placer au taux sans risque, et acheter simultanément un contrat à terme : par exemple, si  $D = 0$ , alors  $F = 62,1$  et le gain dans 1 an sera  $54(1 + 15\%) - 60 = 2,1$  par action.*

15- Représentez le profil de gain d'un put européen au prix d'exercice  $E$ , portant sur une action de cours  $S$  si vous êtes en position longue (*long put*), puis dans le cas où vous êtes en position courte (*short put*). Même question avec un *call* européen.

*Indications : Voir « LIFFE options, a guide to trading strategies », disponible sur [www.liffe.com](http://www.liffe.com).*

16- Représentez le profil de gain d'un portefeuille constitué d'un *call* et d'un *put* européen de même échéance et de même prix d'exercice  $E$ , portant sur la même action de cours  $S$ . Quel est l'intérêt d'une telle stratégie (appelée *long straddle*) ? (Voir *LIFFE options, a guide to trading strategies*, disponible sur [www.liffe.com](http://www.liffe.com)).

*Indications : Voir « LIFFE options, a guide to trading strategies », disponible sur [www.liffe.com](http://www.liffe.com). La traduction française de « straddle » est « stellage ».*

17- Montrez comment on peut répliquer un actif sans risque à un an à la valeur nominale de 100 euros avec une action, un *put* et un *call*.

On a  $S = 100$ ,  $P = 10$  et  $C = 15$  euros. Quel doit être le niveau du taux sans risque à un an ? Montrez que si le taux sans risque est inférieur à ce niveau, alors il existe une opportunité d'arbitrage.

*Indications : Utiliser la parité put-call. Acheter le sous-jacent, un put au prix d'exercice 100 et vendre un call de même prix d'exercice. Le taux sans risque à un an,  $r$ , est donné par :  $1+r = E/(S + P - C)$ . Soit, ici,  $r \approx 5,26\%$ . Supposons que  $r = 5\%$ , une stratégie d'arbitrage pourrait être: emprunter au taux sans risque et vendre un call 100 pour acheter un put 100 et une action comptant à 100. L'emprunt nécessaire est de 95, soit 99,75 à rembourser, couvert à hauteur de 100 par la position longue sur le put et l'action, courte sur le call.*

18- Monsieur Steed a constitué un portefeuille de 10 bons du trésor à 90 jours, valeur de remboursement 1000 €, cotés actuellement 990,10 €, et de 200 *calls* européens à 90 jours sur l'action M au prix d'exercice de 50 €, cotés 25 €. L'action M est cotée 215€. Quelle est la valeur des *calls* dans le portefeuille de Monsieur Steed ? Accepteriez-vous d'échanger ce portefeuille contre 300 actions M ?

*Indications : Corriger l'énoncé : ce sont les puts à 90 jours de prix d'exercice 50 qui sont cotés 25 €. Le taux sans risque vaut  $1000/990,1 - 1 \approx 1\%$ . Utiliser la parité put-call pour en déduire la valeur des calls :  $C = S + P - E/(1+r) = 215 + 25 - 50/1,01 \approx 190,5$ .*

19- Le cours de l'action B est actuellement de 100 € et devrait monter à 150 ou baisser à 50 dans les trois prochains mois. Le taux sans risque à 3 mois est de 1%. Quelle est la valeur d'un *call* européen sur l'action B au prix d'exercice de 85 € à échéance trois mois ?

*Indications : Utiliser le modèle d'évaluation à deux états. Répliquer le call par un call synthétique (emprunt au taux sans risque et achat de l'action). La capacité d'emprunt est  $50/1,01 \approx 49,505$ . Le nombre d'actions est le delta du call, ici  $(65 - 0)/(150 - 50) = 0,65$ . Le gain d'un portefeuille composé de 0,65 actions financées en partie par emprunt (nécessitant donc un apport de  $100 - 49,505 = 50,495$ ) est identique à celui du call. La valeur du call est donc :  $0,65 \times 50,495 \approx 32,82$ .*

20- Quelles sont les principales méthodes de transfert des risques ?

*Indications : couverture, assurance, diversification.*