

## T.D. II - Dénombrement

### I - Dés, Mots, Urnes,...

**Exercice 1.** (🌀) On somme les résultats obtenus en lançant deux fois de suite un dé à 6 faces. De combien de façons peut-on obtenir un total de 6 ? de 7 ? de 8 ?

**Exercice 2.** (🌀) Combien y-a-t-il de nombres à 4 chiffres ?

**Exercice 3.** (🌀) *Cent mille milliards de poèmes* est un livre écrit par Raymond Queneau et publié en 1961. Ce livre comporte 10 pages. Chacune des pages est découpée en 14 bandes horizontales. Sur chaque bande est écrit un vers. En tournant les bandes séparément, on peut composer un poème constitué de 14 vers formant un sonnet. Combien de sonnets peut-on ainsi lire ?

**Exercice 4.** (🌀) Déterminer le nombre de nombres à 5 chiffres où...

1. ... 0 ne figure qu'une seule fois.
2. ... 0 figure exactement 2 fois.
3. ... un et un seul chiffre est répété et ceci une unique fois.

**Exercice 5.** (🌀) Déterminer le nombre d'anagrammes des mots :

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| 1. COMPTER | 3. DENOMBREMENT |
| 2. ANANAS  |                 |

**Exercice 6.** (🌀) Une urne contient  $n$  boules noires ou blanches numérotées dont  $n_1$  sont blanches et  $n_2$  sont noires. On tire  $p$  boules dans cette urne. Déterminer le nombre de tirages donnant exactement  $p_1$  boules blanches et  $p_2$  boules noires lorsque...

1. ... les boules sont tirées simultanément.
2. ... les boules sont tirées successivement et sans remise.
3. ... les boules sont tirées successivement et avec remise.

**Exercice 7.** On dispose de 20 figurines qui ne diffèrent que par leur couleur et que nous souhaitons disposer sur une même rangée. Combien d'alignements différents peut-on obtenir lorsque...

1. ... toutes les figurines sont de la même couleur.
2. ... 2 figurines sont rouges et les autres sont blanches.
3. ... 3 figurines sont jaunes, 5 sont rouges et les autres sont blanches.

**Exercice 8. (Poker)** Le poker se joue avec un jeu de 52 cartes. Les cartes sont réparties en 4 couleurs (cœur, carreau, pique, trèfle) et chaque couleur contient 13 cartes (dans l'ordre croissant : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Valet, Dame, Roi, As). Un As peut prendre la valeur 1 ou As. Durant une partie de poker, 5 cartes issues d'un jeu de 52 cartes vous sont distribuées. Ces cinq cartes constituent votre « main ». Déterminer le nombre de mains qui contiennent...

1. ... une seule paire.
2. ... 5 cartes consécutives.
3. ... 2 paires (de valeurs distinctes).
4. ... 5 cartes de la même couleur.

**Exercice 9.** (🐦) Tom possède une collection de 20 figurines distinctes d'animaux. Ce mercredi soir, avant de partir dîner, il aligne ses figurines et prend une photo.

1. Sachant que, parmi les figurines, il y a exactement 2 oiseaux, combien d'alignements différents peut-il effectuer s'il souhaite que ces deux oiseaux soient placés côte à côte ?
2. On suppose maintenant qu'il possède 5 oiseaux. Combien d'alignements peut-il effectuer s'il souhaite qu'au moins 2 de ces oiseaux soient placés côte à côte ?

## II - Coefficients binomiaux

**Exercice 10. (Identité de Vandermonde)** La section  $D2$  est constituée de  $n$  étudiants de 1<sup>re</sup> année et  $p$  étudiants de 2<sup>e</sup> année. Nous souhaitons constituer une équipe de  $k$  étudiants qui seront présents pour la journée portes ouvertes.

1. Combien d'équipes distinctes peut-on constituer ?
2. Soit  $j \in \llbracket 0, k \rrbracket$ . Combien d'équipes d'équipes distinctes peut-on constituer en imposant qu'exactly  $j$  étudiants soient des étudiants de 1<sup>re</sup> année ?
3. En déduire que

$$\binom{n+p}{k} = \sum_{j=0}^k \binom{p}{k-j} \binom{n}{j}.$$

**Exercice 11.** Soit  $1 \leq k \leq n$ . On tire simultanément  $k+1$  boules dans une urne contenant des boules numérotées de 1 à  $n+1$ .

1. Quel est le nombre de tirages possibles ?
2. Soit  $j \in \llbracket 1, n-k+1 \rrbracket$ . Quel est le nombre de tirages pour lesquels le numéro de la plus petite boule tirée est exactement égal à :  
 a) 1.                                      b) 2.                                      c)  $j$ .

3. En déduire que

$$\sum_{j=k}^n \binom{j}{k} = \binom{n+1}{k+1}.$$

**Exercice 12.** Soit  $k, n$  deux entiers naturels non nuls tels que  $k \leq n$ . Combien y-a-t-il de  $k$ -uplets  $(i_1, \dots, i_k)$  appartenant à  $\llbracket 1, n \rrbracket^k$  lorsque...

1. ... les répétitions sont autorisées.
2. ... les répétitions ne sont pas autorisées.
3. ... on impose  $1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n$ .

## III - Compter autrement

**Exercice 13. (↗)** Un maçon dispose de  $n$  briques indistinguables pour construire un mur vertical sans trous. Ainsi, toute brique se trouve soit sur le sol, jouxtant une autre brique, soit posée sur une autre brique. On note  $M_n$  le nombre de murs distincts qui peuvent être construits avec  $n$  briques.

1. Dessiner tous les murs possibles et déterminer  $M_n$  lorsque  $n = 1, 2, 3$ .
2. Conjecturer la valeur de  $M_n$ , pour tout  $n$  entier naturel non nul.
3. Montrer qu'un mur peut être décrit par une suite de  $n-1$  instructions où chaque instruction peut-être soit *dessus* soit *sol*.
4. Démontrer la conjecture de la question 2.
5. On pose  $M_0 = 1$ . À l'aide d'un argument combinatoire, montrer que pour tout  $n$  entier naturel non nul,  $M_n = \sum_{k=0}^{n-1} M_k$ .

**Exercice 14. (↗)** Soient  $n \in \mathbb{N}$  et  $p \in \mathbb{N}^*$ . On note  $\mathcal{C}_{n,p}$  l'ensemble des  $p$ -listes  $(u_1, \dots, u_p) \in \mathbb{N}^p$  telles que  $\sum_{k=1}^p u_k = n$  et  $C_{n,p} = |\mathcal{C}_{n,p}|$  son cardinal.

1. Pour tout  $p \in \mathbb{N}^*$ , déterminer  $C_{0,p}$ .
2. Pour tout  $p \in \mathbb{N}^*$ , déterminer  $C_{1,p}$ .
3. Montrer qu'un élément de  $\mathcal{C}_{n,p}$  peut être représenté par une suite de symboles contenant  $n$  symboles  $\circ$  et  $p-1$  symboles  $|$ .
4. En déduire la valeur de  $C_{n,p}$ .

**Exercice 15. (↗)** Soit  $n \in \mathbb{N}^*$  et  $E$  un ensemble fini à  $n$  éléments. Combien y-a-t-il de couples de parties  $(X, Y)$  de  $E$  telles que  $X \subset Y$  ?

**Exercice 16. (Relations binaires, ↗)** Soit  $n \in \mathbb{N}^*$  et  $E$  un ensemble fini de cardinal  $n$ . Quel est le nombre dans  $E$  de ...

1. ... relations binaires ?
2. ... relations binaires symétriques ?
3. ... relations binaires réflexives et symétriques ?
4. ... relations binaires réflexives et antisymétriques ?