

Les points essentiels :

1/ Les étapes d'un test statistique

2/ Le test de χ^2 (khi-deux)

Vérification de la normalité d'une distribution ...

François Louvet
Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle
47 – 73 Avenue Albert Thomas
87065 Limoges Cedex
francois.louvet@unilim.fr

Définition ...

- Test statistique :
 - Procédure statistique pour décider si l'*hypothèse nulle* doit être rejetée en faveur de l'*hypothèse alternative* ou non.
 - La décision sur l'hypothèse nulle est prise selon les valeurs d'un test statistique ou statistiques appropriées.
 - Le test statistique étant une variable aléatoire, la prise de décision comprend certains risques d'erreur.
 - D'une façon générale, un test statistique suppose *a priori* que certaines hypothèses soient vérifiées (par exemple hypothèse d'indépendance des observations, hypothèse de normalité, etc.).

(NF ISO 3534-1)

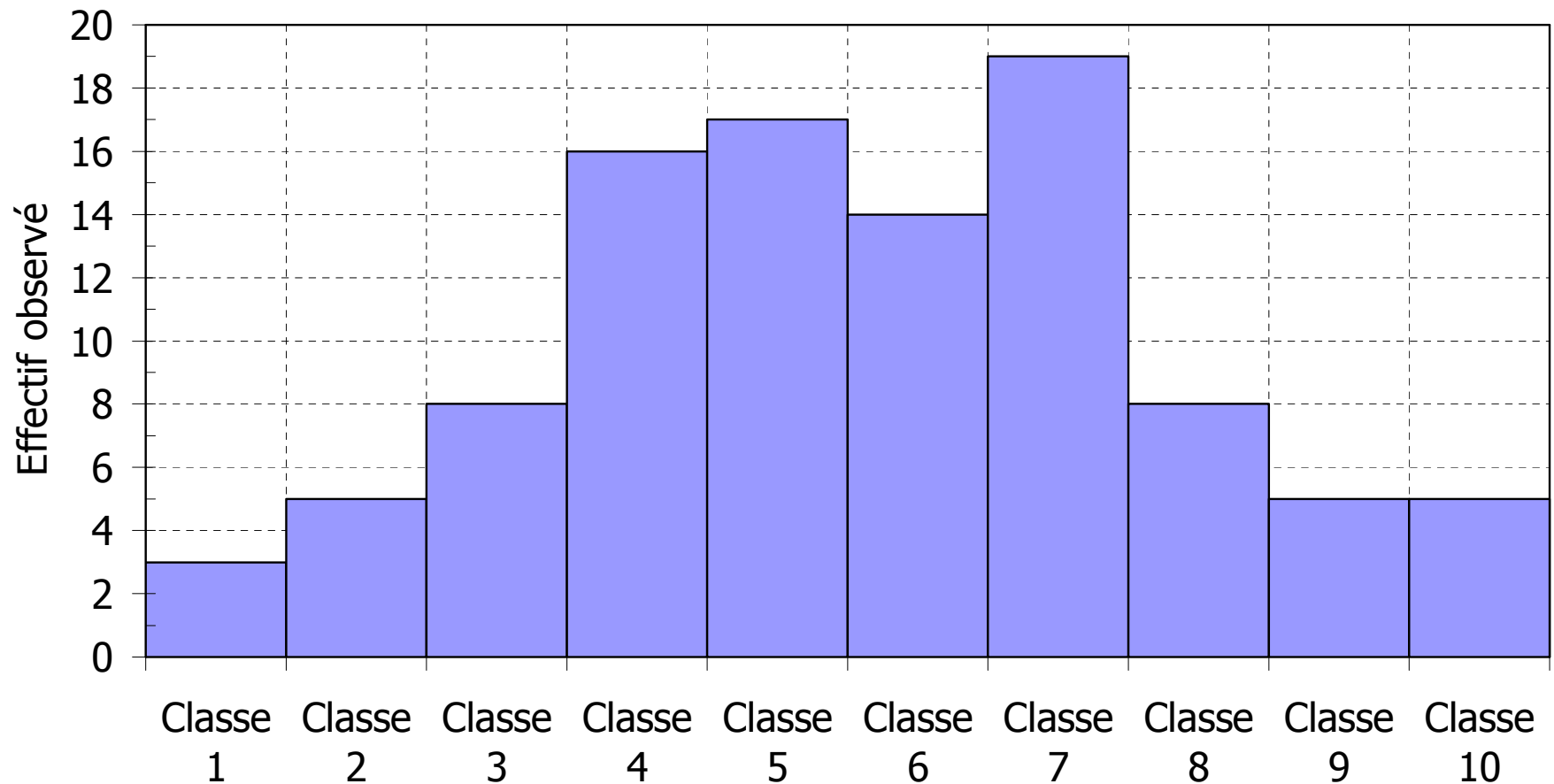
Définition ...

- Test de chi carré ; test χ^2 :
 - Test statistique pour lequel, sous l'hypothèse nulle, la statistique utilisée est supposée suivre une loi de χ^2 .
 - Cela est appliqué par exemple, dans les problèmes suivants :
 - Test d'égalité entre la variance d'une population normale et une valeur spécifiée, la statistique du test étant fondée sur la variance de l'échantillon.
- ➔ – Comparaison entre les effectifs théoriques et observés

(NF ISO 3534-1)

La masse volumique apparente du sable sec

Histogramme des effectifs observés



La masse volumique apparente du sable sec

Vérification de la normalité ...

Microsoft Excel - Exercice 13- Vérification de la normalité

Formule dans J5: $=LOI.NORMALE(G5;MOY;ET;VRAI)-LOI.NORMALE(F5;MOY;ET;VRAI)$

Résultats expérimentaux			Construction d'un histogramme									
	Observation	MVA (g/l)	Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance		
1	1	1359.10	Classe 1	1352.265	1353.755	3	3.00%					
2	2	1365.20	Classe 2	1353.755	1355.245	5	5.00%	4.74%				
3	3	1357.93	Classe 3	1355.245	1356.735	8	8.00%	8.98%				
4	4	1353.65	Classe 4	1356.735	1358.225	16	16.00%	13.86%				
5	5	1359.02	Classe 5	1358.225	1359.715	17	17.00%	17.42%				
6	6	1358.46	Classe 6	1359.715	1361.205	14	14.00%	17.81%				
7	7	1364.98	Classe 7	1361.205	1362.695	19	19.00%	14.83%				
8	8	1359.75	Classe 8	1362.695	1364.185	8	8.00%	10.05%				
9	9	1355.67	Classe 9	1364.185	1365.675	5	5.00%	5.55%				
10	10	1360.08	Classe 10	1365.675	1367.165	5	5.00%					
11	11	1352.27										
12	12	1361.40										
13	13	1362.08										
14	14	1361.67										
15	15	1360.22										
16	16	1363.33										
17	17	1366.62										
18	18	1361.36										
19	19	1361.33										
20	20	1359.07										
21	21	1356.17										
22	22	1353.45										
23	23	1354.93										
24	24	1358.30										
25	25	1358.89										
26	26	1365.92										
27	27	1355.16										
28	28	1358.43										
29	29	1357.46										
30	30	1359.03										
31												
32												
33												
34												

Total	100	100%
Effectif	100	
Maximum	1367.13	Moyenne 1359.88
Minimum	1352.27	Ecart-type 3.26
Etendue	14.86	
Largeur de classe	1.486	
Largeur arrondie	1.49	
Coefficient d'asymétrie	0.0910	
Coefficient d'aplatissement	-0.4752	

Classes centrales

La masse volumique apparente du sable sec

Vérification de la normalité ...

Microsoft Excel - Exercice 13- Vérification de la normalité

Barre de formule: =LOI.NORMALE(G4;MOY;ET;VRAI)

Résultats expérimentaux			Construction d'un histogramme							
Observation	MVA (g/l)	Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance	
1	1359.10	Classe 1	1352.265	1353.755	3	3.00%	3.00%			
2	1365.20	Classe 2	1353.755	1355.245	5	5.00%	4.74%			
3	1357.93	Classe 3	1355.245	1356.735	8	8.00%	8.98%			
4	1353.65	Classe 4	1356.735	1358.225	16	16.00%	13.86%			
5	1359.02	Classe 5	1358.225	1359.715	17	17.00%	17.42%			
6	1358.46	Classe 6	1359.715	1361.205	14	14.00%	17.81%			
7	1364.98	Classe 7	1361.205	1362.695	19	19.00%	14.83%			
8	1359.75	Classe 8	1362.695	1364.185	8	8.00%	10.05%			
9	1355.67	Classe 9	1364.185	1365.675	5	5.00%	5.55%			
10	1360.08	Classe 10	1365.675	1367.165	5	5.00%				
11	1352.27									
12	1361.40									
13	1362.08									
14	1361.67									
15	1360.22									
16	1363.33									
17	1366.62									
18	1361.36									
19	1361.33									
20	1359.07									
21	1356.17									
22	1353.45									
23	1354.93									
24	1358.30									
25	1358.89									
26	1365.92									
27	1355.16									
28	1358.43									
29	1357.46									
30	1359.03									
31										
32										
33										
34										

Effectif: 100
Moyenne: 1359.88
Ecart-type: 3.26
Etendue: 14.86
Largeur de classe: 1.486
Largeur arrondie: 1.49
Coefficient d'asymétrie: 0.0910
Coefficient d'aplatissement: -0.4752

Classe 1

La masse volumique apparente du sable sec

Microsoft Excel - Exercice 13- Vérification de la normalité

Barre de formule: =1-LOI.NORMALE(F13;MOY;ET;VRAI)

Résultats expérimentaux			Construction d'un histogramme							
Observation	MVA (g/l)	Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance	
1	1359.10	Classe 1	1352.265	1353.755	3	3.00%	3.00%			
2	1365.20	Classe 2	1353.755	1355.245	5	5.00%	4.74%			
3	1357.93	Classe 3	1355.245	1356.735	8	8.00%	8.98%			
4	1353.65	Classe 4	1356.735	1358.225	16	16.00%	13.86%			
5	1359.02	Classe 5	1358.225	1359.715	17	17.00%	17.42%			
6	1358.46	Classe 6	1359.715	1361.205	14	14.00%	17.81%			
7	1364.98	Classe 7	1361.205	1362.695	19	19.00%	14.83%			
8	1359.75	Classe 8	1362.695	1364.185	8	8.00%	10.05%			
9	1355.67	Classe 9	1364.185	1365.675	5	5.00%	5.55%			
10	1360.08	Classe 10	1365.675	1367.165	5	5.00%	3.75%			
11	1352.27									
12	1361.40									
13	1362.08									
14	1361.67									
15	1360.22									
16	1363.33									
17	1366.62									
18	1361.36									
19	1361.33									
20	1359.07									
21	1356.17									
22	1353.45									
23	1354.93									
24	1358.30									
25	1358.89									
26	1365.92									
27	1355.16									
28	1358.43									
29	1357.46									
30	1359.03									
31										
32										
33										
34										

Effectif	100
Maximum	1367.13
Moyenne	1359.88
Minimum	1352.27
Ecart-type	3.26
Etendue	14.86
Largeur de classe	1.486
Largeur arrondie	1.49
Coefficient d'asymétrie	0.0910
Coefficient d'aplatissement	-0.4752

Classe 10

La masse volumique apparente du sable sec

Microsoft Excel - Exercice 13- Vérification de la normalité

Échier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Tahoma 10 G I S

Dessin Formes automatiques

K4 =100*J4

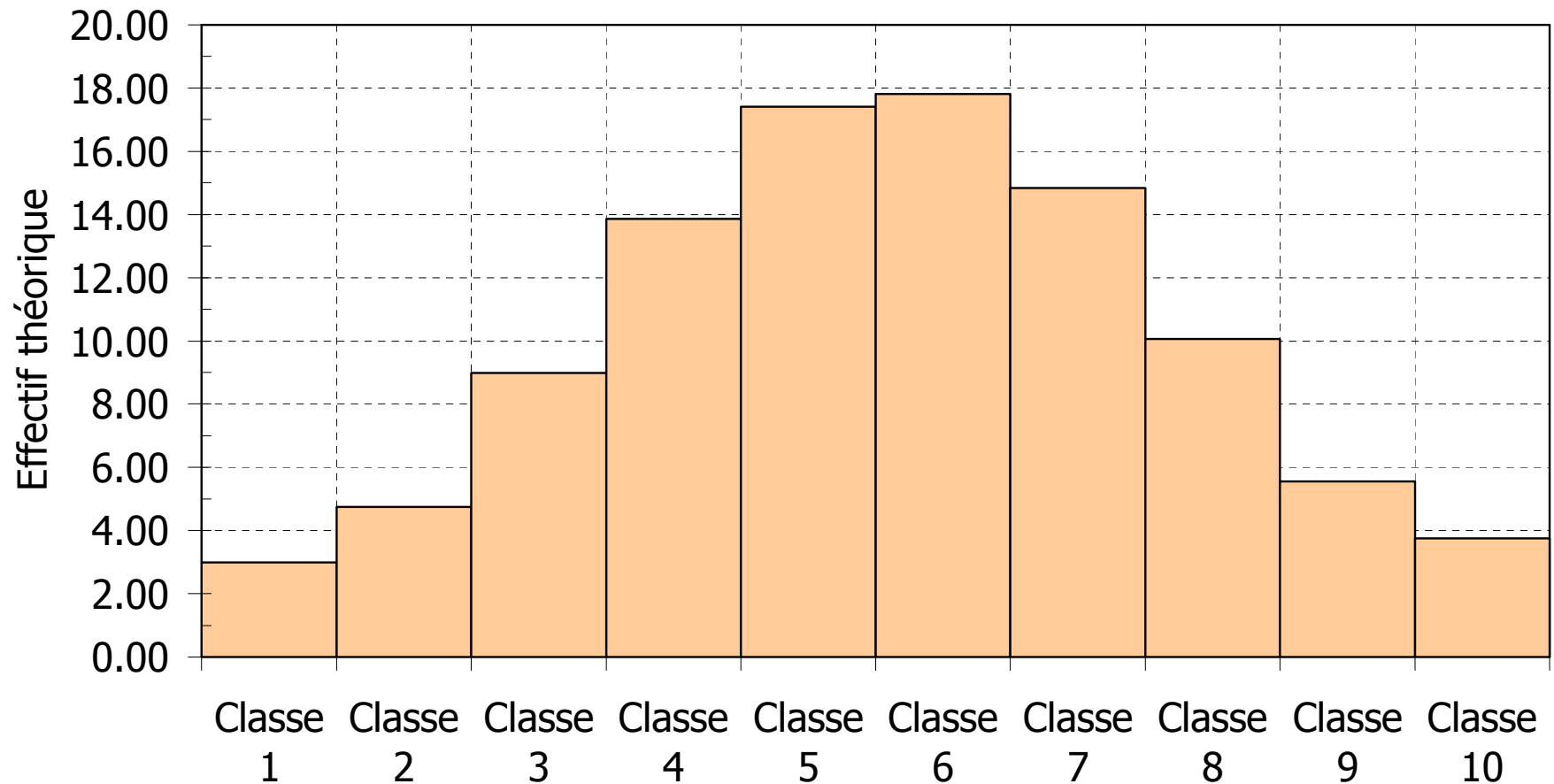
Résultats expérimentaux			Construction d'un histogramme							
Observation	MVA (g/l)	Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance	
1	1359.10	Classe 1	1352.265	1353.755	3	3.00%	3.00%	3.00		
2	1365.20	Classe 2	1353.755	1355.245	5	5.00%	4.74%	4.74		
3	1357.93	Classe 3	1355.245	1356.735	8	8.00%	8.98%	8.98		
4	1353.65	Classe 4	1356.735	1358.225	16	16.00%	13.86%	13.86		
5	1359.02	Classe 5	1358.225	1359.715	17	17.00%	17.42%	17.42		
6	1358.46	Classe 6	1359.715	1361.205	14	14.00%	17.81%	17.81		
7	1364.98	Classe 7	1361.205	1362.695	19	19.00%	14.83%	14.83		
8	1359.75	Classe 8	1362.695	1364.185	8	8.00%	10.05%	10.05		
9	1355.67	Classe 9	1364.185	1365.675	5	5.00%	5.55%	5.55		
10	1360.08	Classe 10	1365.675	1367.165	5	5.00%	3.75%	3.75		
11	1352.27									
12	1361.40									
13	1362.08									
14	1361.67									
15	1360.22									
16	1363.33									
17	1366.62									
18	1361.36									
19	1361.33									
20	1359.07									
21	1356.17									
22	1353.45									
23	1354.93									
24	1358.30									
25	1358.89									
26	1365.92									
27	1355.16									
28	1358.43									
29	1357.46									
30	1359.03									
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										

Effectifs théoriques | Données et calculs | Effectifs observés

Prêt

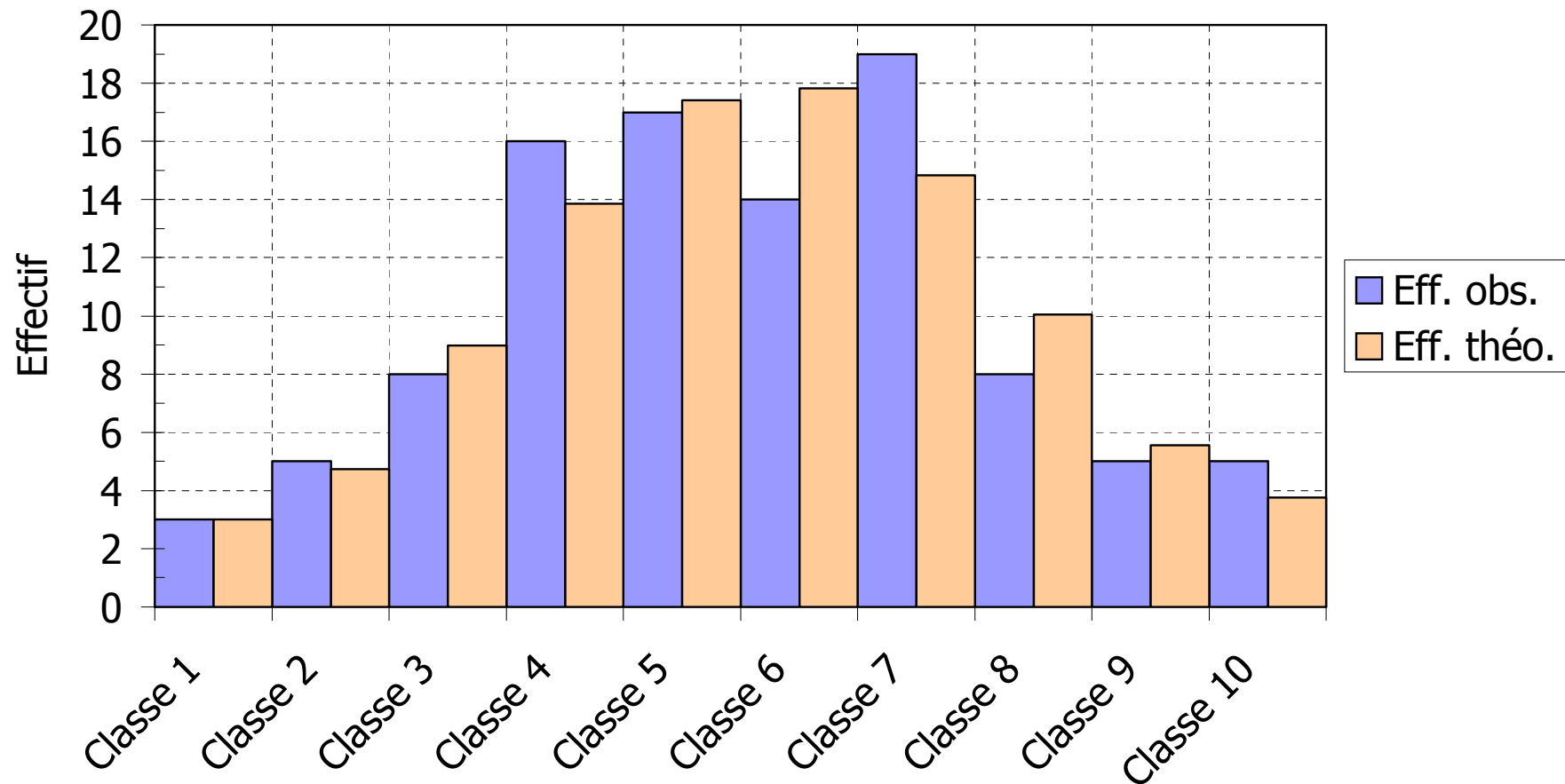
La masse volumique apparente du sable sec

Histogramme des effectifs théoriques



La masse volumique apparente du sable sec

Effectifs théoriques et observés



Définition ...

- Distance entre effectif théorique et effectif observé :
 - Pour la classe i , on définit la distance entre l'effectif théorique et l'effectif observé à partir de la relation :

$$d_i = \frac{\left(n_i^{\text{observé}} - n_i^{\text{théorique}} \right)^2}{n_i^{\text{théorique}}}$$

Définition ...

- Statistique du test :
 - On définit la statistique du test à partir de la relation suivante :

$$\chi_{\text{obs}}^2 = \sum_{\text{Classes}} d_i$$

La masse volumique apparente du sable sec

Vérification de la normalité ...

Microsoft Excel - Exercice 13- Vérification de la normalité

Échier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

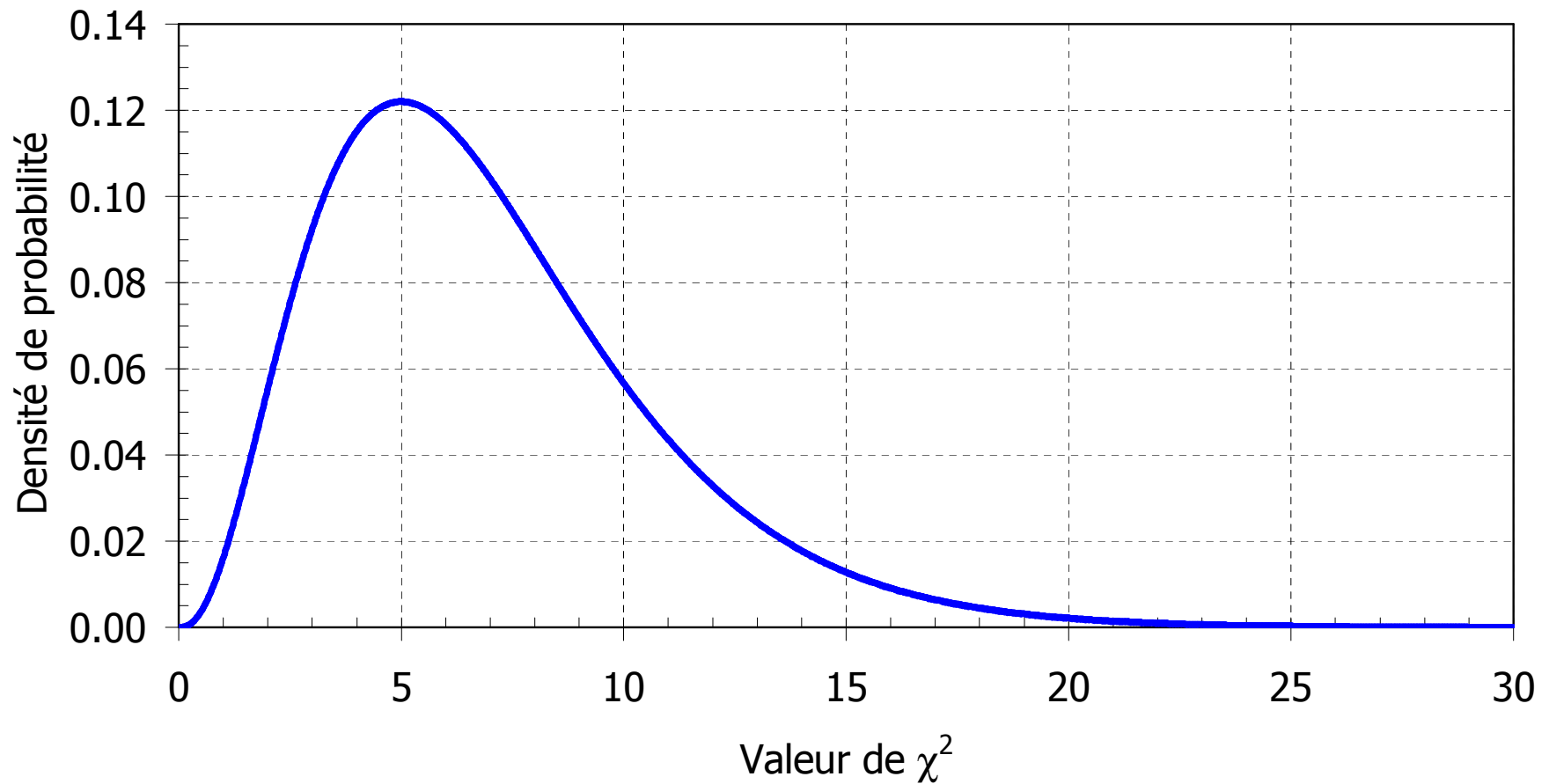
Tahoma 10 G I S

Dessin =SOMME(L4:L13)

Résultats expérimentaux			Construction d'un histogramme							
Observation	MVA (g/l)	Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance	
1	1359.10	Classe 1	1352.265	1353.755	3	3.00%	3.00%	3.00	0.0000	
2	1365.20	Classe 2	1353.755	1355.245	5	5.00%	4.74%	4.74	0.0148	
3	1357.93	Classe 3	1355.245	1356.735	8	8.00%	8.98%	8.98	0.1069	
4	1353.65	Classe 4	1356.735	1358.225	16	16.00%	13.86%	13.86	0.3302	
5	1359.02	Classe 5	1358.225	1359.715	17	17.00%	17.42%	17.42	0.0100	
6	1358.46	Classe 6	1359.715	1361.205	14	14.00%	17.81%	17.81	0.3169	
7	1364.98	Classe 7	1361.205	1362.695	19	19.00%	18.33%	18.33	0.1701	
8	1359.75	Classe 8	1362.695	1364.185	8	8.00%	10.05%	10.05	0.2099	
9	1355.67	Classe 9	1364.185	1365.675	5	5.00%	5.55%	5.55	0.541	
10	1360.08	Classe 10	1365.675	1367.165	5	5.00%	4.13%	4.13	0.4132	
11	1352.27									
12	1361.40									
13	1362.08									
14	1361.67									
15	1360.22									
16	1363.33									
17	1366.62									
18	1361.36									
19	1361.33									
20	1359.07									
21	1356.17									
22	1353.45									
23	1354.93									
24	1358.30									
25	1358.89									
26	1365.92									
27	1355.16									
28	1358.43									
29	1357.46									
30	1359.03									
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										
101										
102										
103										
104										
105										
106										
107										
108										
109										
110										
111										
112										
113										
114										
115										
116										
117										
118										
119										
120										
121										
122										
123										
124										
125										
126										
127										
128										
129										
130										
131										
132										
133										
134										
135										
136										
137										
138										
139										
140										
141										
142										
143										
144										
145										
146										
147										
148										
149										
150										
151										
152										
153										
154										
155										
156										
157										
158										
159										
160										
161										
162										
163										
164										
165										
166										
167										
168										
169										
170										
171										
172										
173										
174										
175										
176										
177										
178										
179										
180										
181										
182										
183										
184										
185										
186										
187										
188										
189										
190										
191										
192										
193										
194										
195										
196										
197										
198										
199										
200										
201										
202										
203										
204										
205										
206										
207										
208										
209										
210										
211										
212										
213										
214										
215										
216										
217										
218										
219										
220										
221										
222										
223										
224										
225										
226										
227										
228										
229										
230										
231										
232										
233										

La masse volumique apparente du sable sec

Fonction de densité de probabilité ($\nu=7$)



Définition ...

- Valeur critique :
 - Valeur limite d'une *région critique*.
- (NF ISO 3534-1)

La masse volumique apparente du sable sec

Microsoft Excel - Exercice 13- Vérification de la normalité - Corrigé

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Tahoma 10

Dessin Formes automatiques

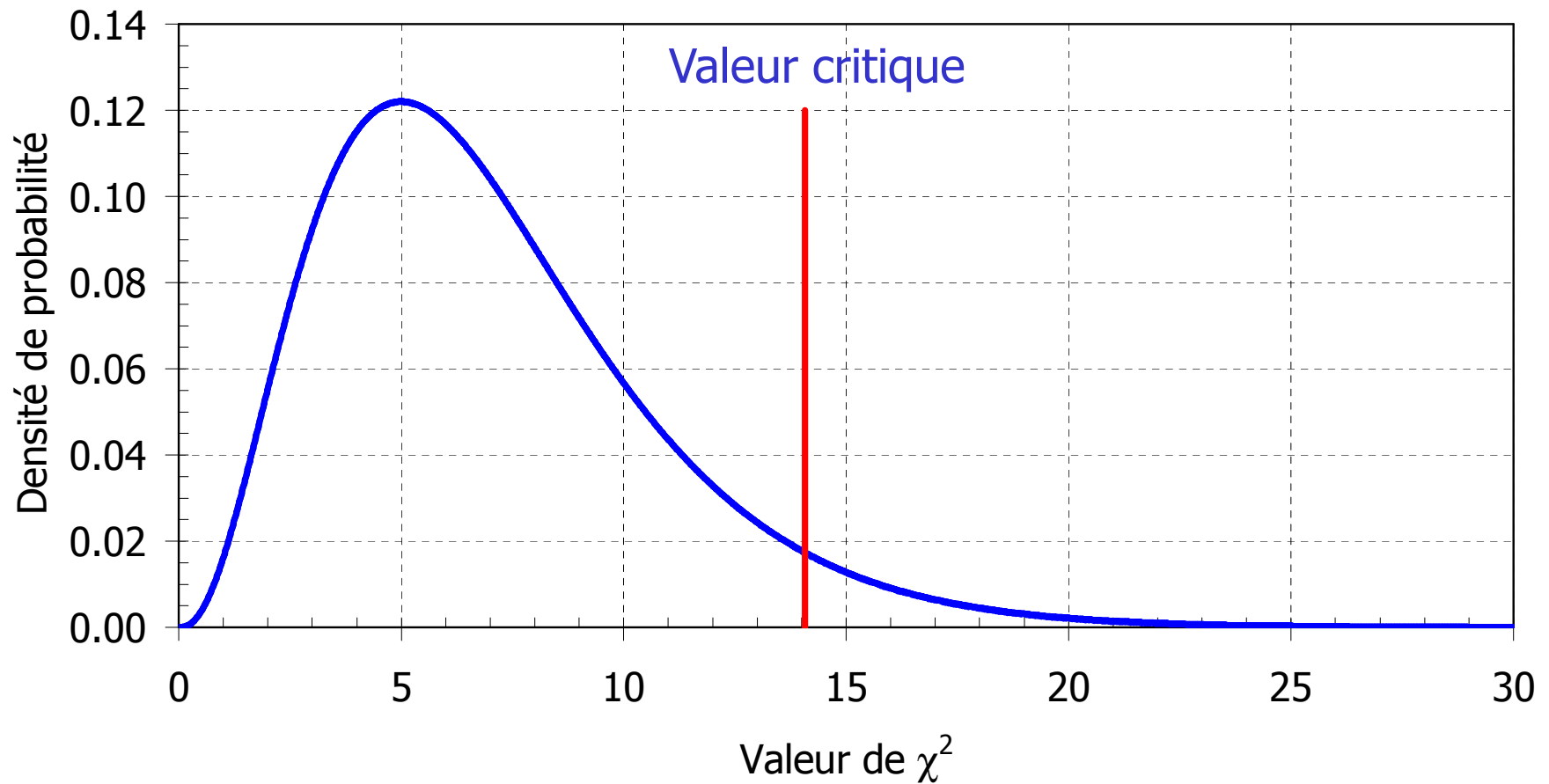
L19 = =KHIDEUX.INVERSE(0.05;7)

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1			Construction d'un histogramme									
2												
3	MVA (g/l)		Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance		
4	1359.10		Classe 1	1352.265	1353.755	3	3.00%	3.00%	3.00	0.0000		
5	1365.20		Classe 2	1353.755	1355.245	5	5.00%	4.74%	4.74	0.0148		
6	1357.93		Classe 3	1355.245	1356.735	8	8.00%	8.98%	8.98	0.1069		
7	1353.65		Classe 4	1356.735	1358.225	16	16.00%	13.86%	13.86	0.3302		
8	1359.02		Classe 5	1358.225	1359.715	17	17.00%	17.42%	17.42	0.0100		
9	1358.46		Classe 6	1359.715	1361.205	14	14.00%	17.81%	17.81	0.8169		
10	1364.98		Classe 7	1361.205	1362.695	19	19.00%	14.83%	14.83	1.1701		
11	1359.75		Classe 8	1362.695	1364.185	8	8.00%	10.05%	10.05	0.4199		
12	1355.67		Classe 9	1364.185	1365.675	5	5.00%	5.55%	5.55	0.0541		
13	1360.08		Classe 10	1365.675	1367.165	5	5.00%	3.75%	3.75	0.4132		
14	1352.27											
15	1361.40				Total	100	100%	100.00%	100.00	3.3359		
16	1362.08											
17	1361.67		Effectif		100				Valeur critique			
18	1360.22											
19	1363.33		Maximum		1367.13	Moyenne		1359.88		14.07		
20	1366.62											
21	1361.36		Minimum		1352.27	Ecart-type		3.26				
22	1361.33											
23	1359.07		Etendue		14.86							
24	1356.17											
25	1353.45		Largeur de classe		1.486							
26	1354.93											
27	1358.30		Largeur arrondie		1.49							
28	1358.89											
29	1365.92		Coefficient d'asymétrie		0.0910							
30	1355.16											
31	1358.43		Coefficient d'aplatissement		-0.4752							
32	1357.46											
33	1359.03											

Prêt

La masse volumique apparente du sable sec

Fonction de densité de probabilité ($\nu=7$)



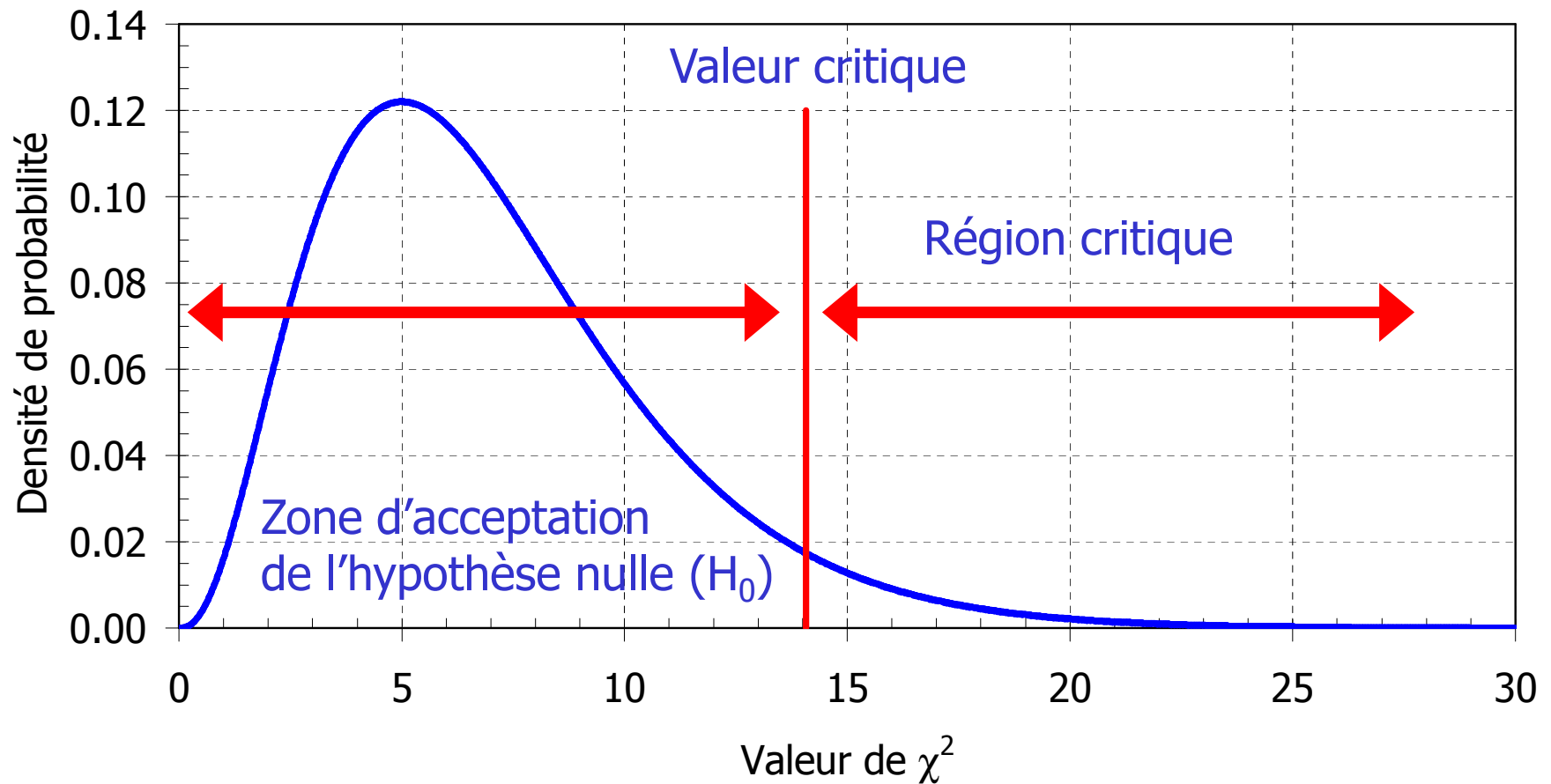
Définition ...

- Région critique :
 - Ensemble des valeurs de la *statistique* d'un *test* pour lesquelles l'*hypothèse nulle* est rejetée.
 - Les régions critiques sont déterminées de façon que, si l'hypothèse nulle est vraie, la *probabilité* de rejet de cette hypothèse nulle soit au plus égale à une valeur donnée α , généralement faible (par exemple 5% ou 1%).

(NF ISO 3534-1)

La masse volumique apparente du sable sec

Fonction de densité de probabilité ($\nu=7$)



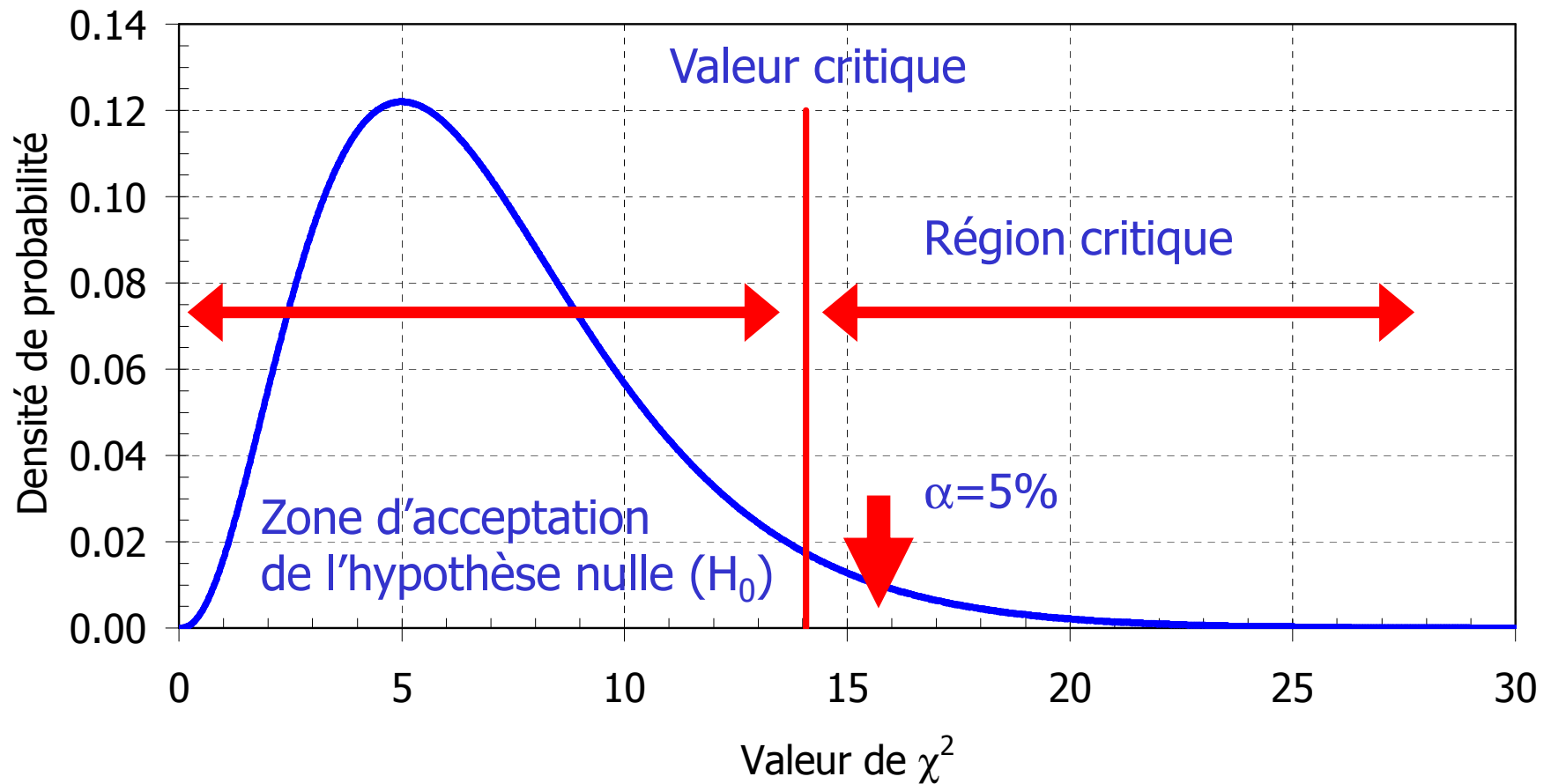
Définition ...

- Niveau de signification (d'un test) ; seuil de signification :
 - Valeur donnée correspondant à la limite supérieure de la *probabilité d'erreur de première espèce*.
 - Le niveau de signification est généralement noté α .

(NF ISO 3534-1)

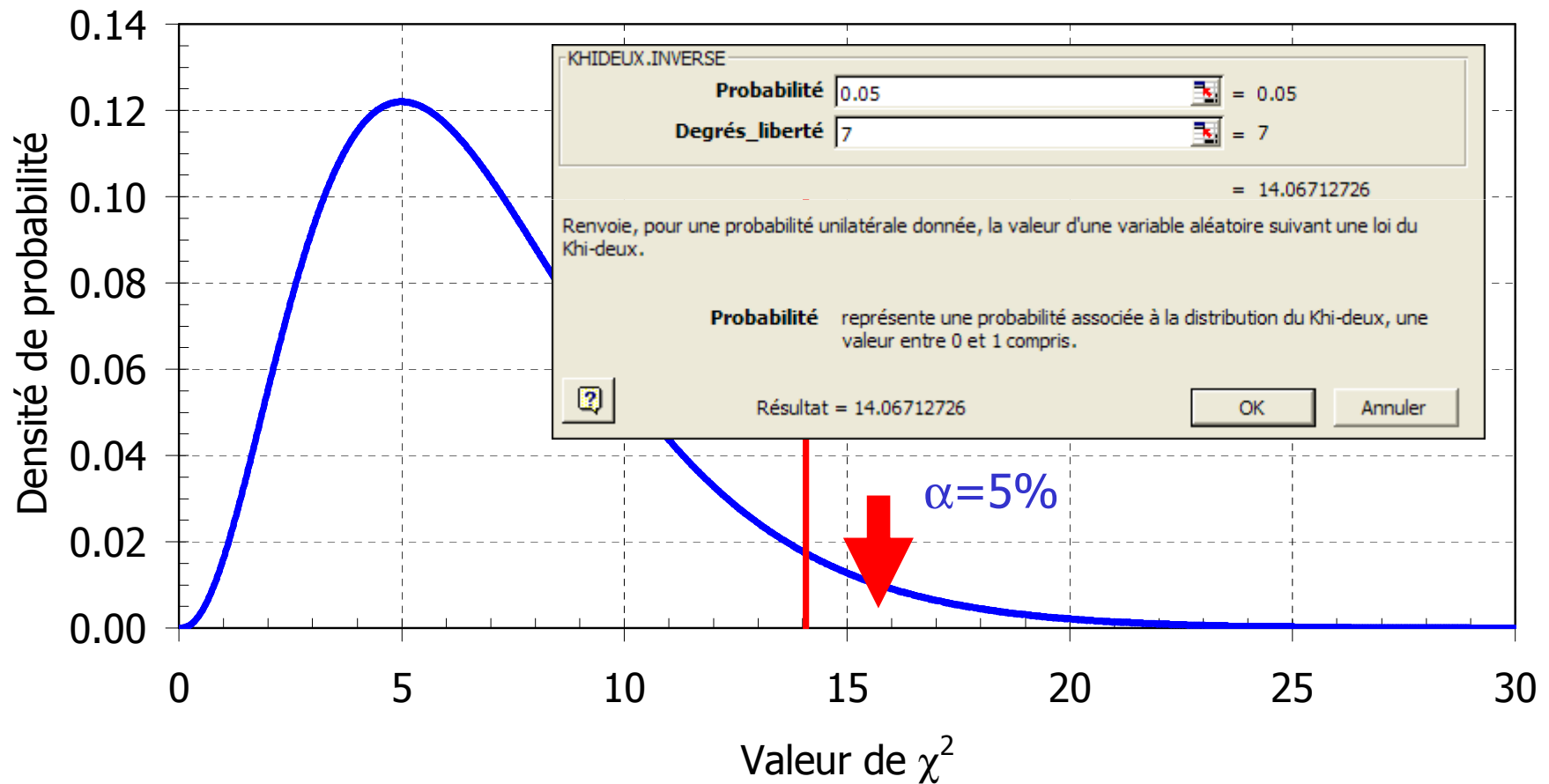
La masse volumique apparente du sable sec

Fonction de densité de probabilité ($\nu=7$)



La masse volumique apparente du sable sec

Fonction de densité de probabilité ($\nu=7$)



Autres fonctions ...

- Loi du χ^2 :

LOI.KHIDEUX


X = nombre

Degrés_liberté = nombre

=

Renvoie la probabilité d'une variable aléatoire continue suivant une loi unilatérale du Khi-deux.

X représente la valeur à laquelle vous voulez évaluer la distribution, un nombre positif.

 Résultat =

La masse volumique apparente du sable sec

Vérification de la normalité ...

Microsoft Excel - Exercice 15 - Simulateur

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Tahoma 10 G I S

Dessin Formes automatiques

Base de données			Résultats		Construction d'un histogramme				
Observation	MVA (g/l)	N°	MVA (g/l)	Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	F
1	1359.10	22914	1358.67	Classe 1	1353.385	1354.875	4	4.00%	
2	1356.17	26868	1360.37	Classe 2	1354.875	1356.365	5	5.00%	
3	1360.73	21754	1363.01	Classe 3	1356.365	1357.855	13	13.00%	
4	1363.83	22142	1360.79	Classe 4	1357.855	1359.345	15	15.00%	
5	1363.60	14721	1366.55	Classe 5	1359.345	1360.835	18	18.00%	
6	1365.20	4615	1361.35	Classe 6	1360.835	1362.325	19	19.00%	
7	1353.45	28555	1359.22	Classe 7	1362.325	1363.815	14	14.00%	
8	1359.30	28659	1356.42	Classe 8	1363.815	1365.305	7	7.00%	
9	1363.29	27784	1358.07	Classe 9	1365.305	1366.795	3	3.00%	
10	1356.74	20109	1358.85	Classe 10	1366.795	1368.285	2	2.00%	
11	1357.93	4384	1356.41						
12	1354.93	10342	1361.28				Total	100	100%
13	1354.46	17866	1360.33						
14	1357.07	22932	1361.96	Effectif	100				
15	1357.68	9995	1364.08	Maximum	1368.2		Moyenne	1360.27	
16	1353.65	4910	1359.43	Minimum	1353.39		Ecart-type	3.07	
17	1358.30	8022	1362.48						
18	1358.79	8420	1359.93	Etendue	14.81				
19	1360.40	10525	1363.12						
20	1358.90	22330	1358.14	Largeur de classe		1.481			
21	1359.02	8636	1359.59	Largeur arrondie		1.49			
22	1358.89	3505	1364.09						
23	1364.03	13937	1356.49	Coefficient d'asymétrie		0.0190			
24	1359.74	18536	1357.65	Coefficient d'aplatissement		-0.2150			
25	1359.44	4559	1361.40						
26	1358.46	12344	1356.69						
27	1365.92	2857	1354.09						
28	1362.60	14444	1356.52						
29	1367.13	12318	1364.94						
30	1358.04	17096	1355.48						

Prêt

La masse volumique apparente du sable sec

Vérification de la normalité ...

Microsoft Excel - Exercice 15 - Simulateur

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Tahoma 10 G I S

Dessin Formes automatiques

024 =

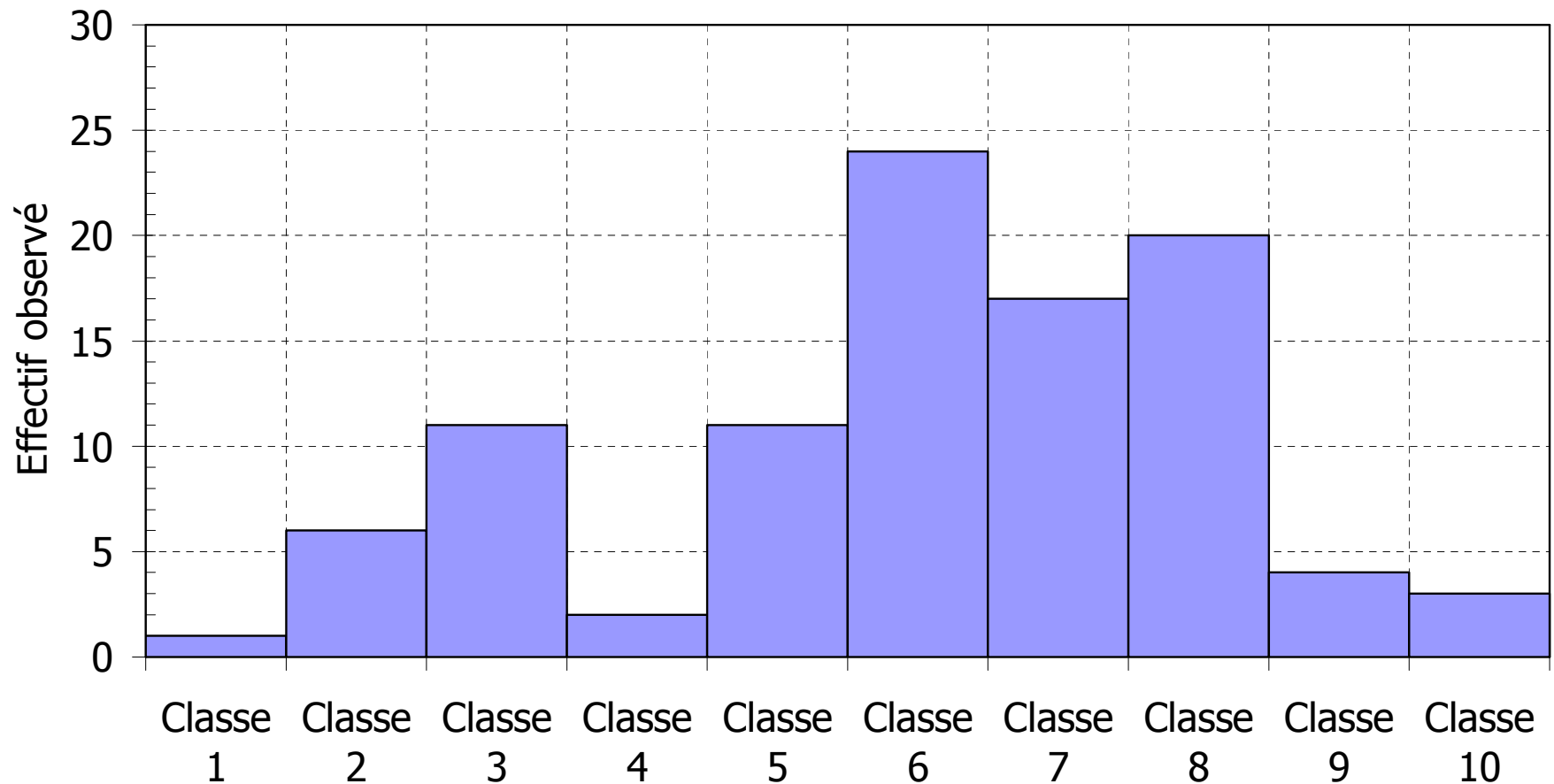
	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1			Construction d'un histogramme									
2												
3	MVA (g/l)		Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance		
4	1363.14		Classe 1	1352.405	1353.825	1	1.01%	1.39%	1.39	0.1085		
5	1357.19		Classe 2	1353.825	1355.245	6	6.06%	2.88%	2.88	3.3840		
6	1364.30		Classe 3	1355.245	1356.665	11	11.11%	6.47%	6.47	3.1630		
7	1361.44		Classe 4	1356.665	1358.085	2	2.02%	11.61%	11.61	7.9578		
8	1360.32		Classe 5	1358.085	1359.505	11	11.11%	16.61%	16.61	1.8970		
9	1359.67		Classe 6	1359.505	1360.925	24	24.24%	18.96%	18.96	1.3414		
10	1362.45		Classe 7	1360.925	1362.345	17	17.17%	17.25%	17.25	0.0037		
11	1358.54		Classe 8	1362.345	1363.765	20	20.20%	12.52%	12.52	4.4627		
12	1361.40		Classe 9	1363.765	1365.185	4	4.04%	7.25%	7.25	1.4575		
13	1362.91		Classe 10	1365.185	1366.605	3	3.03%	5.05%	5.05	0.8297		
14	1359.71											
15	1359.00				Total	99	100%	100.00%	100.00	24.6053		
16	1359.21											
17	1355.52		Effectif	100					Valeur critique			
18	1362.24											
19	1361.70		Maximum	1366.61		Moyenne	1360.33			14.07		
20	1362.03											
21	1358.79		Minimum	1352.41		Ecart-type	2.96					
22	1360.41											
23	1354.36		Etendue	14.2								
24	1359.66											
25	1363.37		Largeur de classe	1.42								
26	1358.84											
27	1359.63		Largeur arrondie	1.42								
28	1362.15											
29	1362.10		Coefficient d'asymétrie	-0.4783								
30	1360.30											
31	1360.28		Coefficient d'aplatissement	-0.2320								
32	1363.70											
33	1363.59											
34	1353.41											

Données et calculs / Effectifs observés / Effectifs théoriques / Comparaison /

Prêt

La masse volumique apparente du sable sec

Histogramme des effectifs observés



La masse volumique apparente du sable sec

Vérification de la normalité ...

Microsoft Excel - Exercice 15 - Simulateur

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Tahoma 10 G I S

Dessin Formes automatiques

024 =

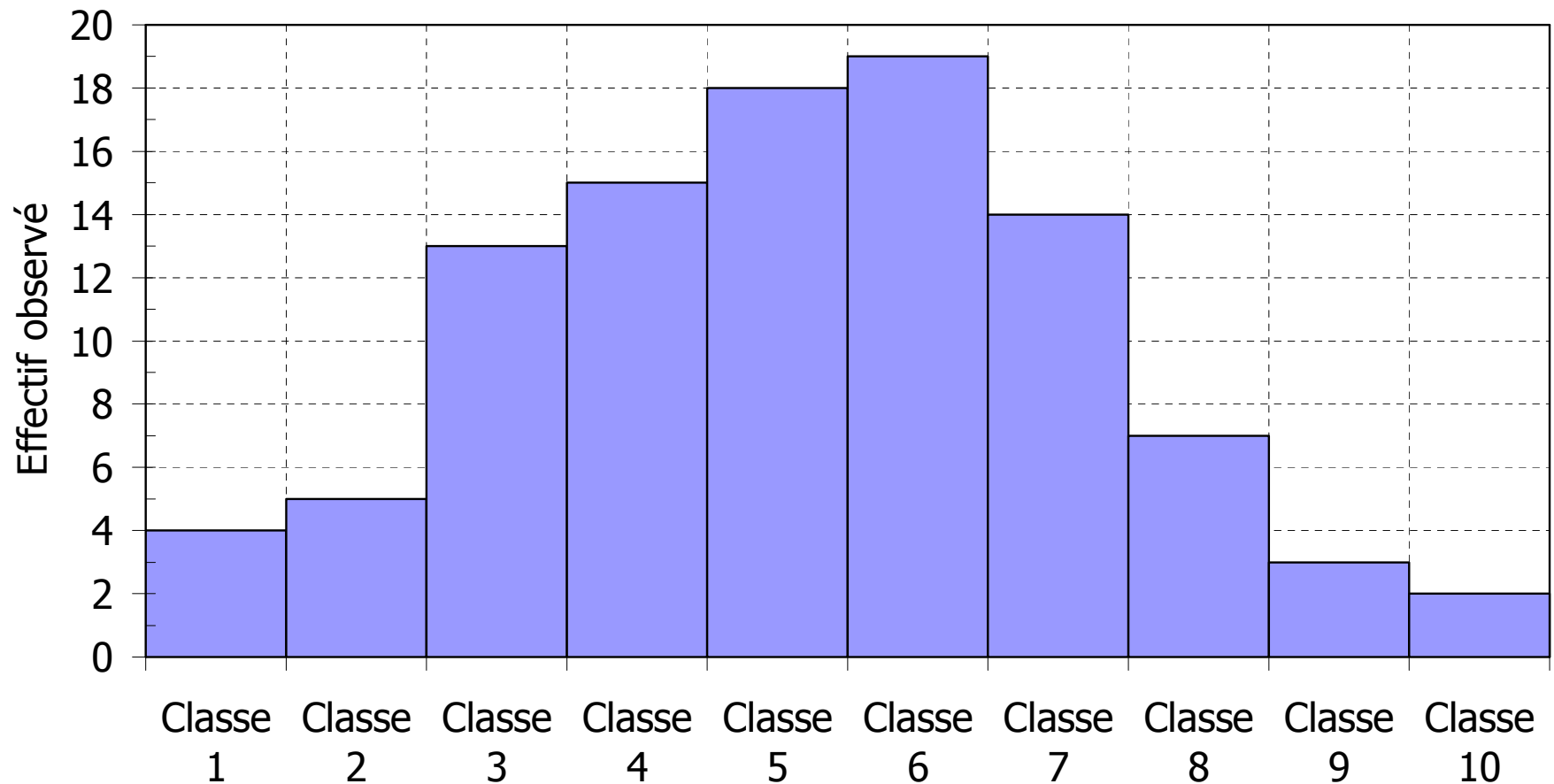
	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1			Construction d'un histogramme									
2												
3	MVA (g/l)		Classe	Limite inf.	Limite sup.	Effectif obs.	Fréq. obs.	Fréq. théo.	Effectif théo.	Distance		
4	1358.67		Classe 1	1353.385	1354.875	4	4.00%	3.96%	3.96	0.0005		
5	1360.37		Classe 2	1354.875	1356.365	5	5.00%	6.23%	6.23	0.2430		
6	1363.01		Classe 3	1356.365	1357.855	13	13.00%	11.40%	11.40	0.2241		
7	1360.79		Classe 4	1357.855	1359.345	15	15.00%	16.57%	16.57	0.1485		
8	1366.55		Classe 5	1359.345	1360.835	18	18.00%	19.12%	19.12	0.0657		
9	1361.35		Classe 6	1360.835	1362.325	19	19.00%	17.52%	17.52	0.1243		
10	1359.22		Classe 7	1362.325	1363.815	14	14.00%	12.75%	12.75	0.1217		
11	1356.42		Classe 8	1363.815	1365.305	7	7.00%	7.37%	7.37	0.0188		
12	1358.07		Classe 9	1365.305	1366.795	3	3.00%	3.38%	3.38	0.0434		
13	1358.85		Classe 10	1366.795	1368.285	2	2.00%	1.69%	1.69	0.0573		
14	1356.41											
15	1361.28					Total	100	100%	100.00%	100.00	1.0473	
16	1360.33											
17	1361.96		Effectif	100					Valeur critique			
18	1364.08											
19	1359.43		Maximum	1368.2		Moyenne	1360.27			14.07		
20	1362.48											
21	1359.93		Minimum	1353.39		Ecart-type	3.07					
22	1363.12											
23	1358.14		Etendue	14.81								
24	1359.59											
25	1364.09		Largeur de classe		1.481							
26	1356.49											
27	1357.65		Largeur arrondie		1.49							
28	1361.40											
29	1356.69		Coefficient d'asymétrie		0.0190							
30	1354.09											
31	1356.52		Coefficient d'aplatissement		-0.2150							
32	1364.94											
33	1355.48											
34	1360.36											

Données et calculs / Effectifs observés / Effectifs théoriques / Comparaison /

Prêt

La masse volumique apparente du sable sec

Histogramme des effectifs observés



La masse volumique apparente du sable sec

Effectifs théoriques et observés

