

UE1 - Chimie

Annales Classées

Les atomes

SUJET

1	2.2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	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	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

I/ QUESTIONS D'ATOMISTIQUE, LIAISON CHIMIQUE ET EFFETS ELECTRONIQUES

Question 1 : A propos de l'atome de palladium ($Z = 46$), laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. La configuration électronique à l'état fondamental de l'atome de palladium s'écrit : $[\text{Kr}] 4d^8 5s^2$.
- B. La configuration électronique à l'état fondamental de l'atome de palladium s'écrit : $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^8 5s^2$.
- C. La configuration électronique à l'état fondamental de l'atome de palladium s'écrit : $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^{10} 5s^0$.
- D. La configuration électronique à l'état fondamental de l'atome de palladium s'écrit : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^8 5s^2$.
- E. L'orbitale 5s est remplie avant l'orbitale 4d.

Question 2 : Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. Le nombre de masse correspond au nombre de nucléons.
- B. Le nombre de nucléons correspond à la somme du nombre de protons et du nombre d'électrons.
- C. Deux isotopes d'un même atome sont différents par leur nombre de masse.
- D. L'atome de technétium ($Z = 43$) ^{99}Tc possède 43 neutrons.
- E. L'atome de technétium ($Z = 43$) ^{99}Tc possède 43 protons.

Question 3 : A propos de l'élément de configuration électronique $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$, laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. Cet élément est un alcalin.
- B. Cet élément est un halogène.
- C. Cet élément est dans la même colonne que l'atome de baryum Ba ($Z = 56$).
- D. Cet élément est dans la même ligne que l'atome de zinc Zn ($Z = 30$).
- E. La couche de valence de cet élément contient un seul électron.

Question 4 : Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. Dans l'atome d'hydrogène et pour une même valeur de n , nombre quantique principal, l'énergie de l'orbitale augmente lorsque l , nombre quantique secondaire augmente.
- B. l est le nombre quantique secondaire, entier positif.
- C. Les valeurs du nombre quantique m sont entières relatives et non nulles.
- D. Une orbitale 3p est plus volumineuse et a une énergie plus grande qu'une orbitale 2p.
- E. L'orbitale 2p du fluor a une énergie supérieure à l'orbitale 2p de l'azote.

Question 5 : On rappelle que l'énergie en eV, d'un niveau n dans un hydrogénoïde peut-être exprimée comme : $E_n = -13,6 Z^2/n^2$ et que l'énergie d'ionisation est l'énergie à fournir pour arracher un électron d'un niveau n .

Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. L'ion hydrogénoïde est un ion monoatomique qui possède 1 électron.
- B. L'ion Li^+ est un hydrogénoïde.
- C. L'énergie d'ionisation nécessaire pour arracher un électron du Li^{2+} est égale à 122,4 eV.
- D. Pour l'ion Be^{3+} , l'énergie d'ionisation nécessaire pour arracher un électron est égale à -136,0 eV.
- E. L'énergie de l'atome d'hydrogène est inversement proportionnelle à n .

I/ ATOMISTIQUE, LIAISON CHIMIQUE ET EFFETS ELECTRONIQUES

Question 2 : Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. L'électronégativité de l'oxygène est inférieure à l'électronégativité du calcium.
- B. Un électron caractérisé par les nombres quantiques $n = 3$ et $\ell = 2$ possède 4 états quantiques différents.
- C. L'électronégativité du carbone est supérieure à celle du calcium.
- D. Le nombre d'électrons par couche électronique, d'énergies croissantes, est de 2, 8, 18 et 7 pour l'atome d'iode.
- E. La configuration électronique du vanadium ($Z = 23$) est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^4$.

Question 3 : Concernant la molécule HNO_3 , laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. Le nombre total d'électrons de valence est de 24.
- B. Dans la structure de Lewis de HNO_3 l'atome d'azote est hybridé sp^2 .
- C. Dans la structure de Lewis de HNO_3 l'atome d'azote ne respecte pas la règle de l'octet.
- D. La géométrie de l'azote déduite de la théorie VSEPR est trigonale plane.
- E. L'angle entre les liaisons autour de l'atome d'azote est de $109^\circ 30'$.

Question 4 : Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. Une liaison π résulte de l'interaction de deux orbitales hybrides sp^2 .
- B. Les orbitales π d'une triple liaison sont perpendiculaires entre elles.
- C. L'atome de phosphore possède, à l'état fondamental, deux électrons non appariés de spins opposés.
- D. D'après la théorie VSEPR l'atome d'azote dans NO_2^- est AL_2E_1 .
- E. D'après la théorie VSEPR la molécule NO_2^- est de géométrie linéaire.

Question 12 : Laquelle (lesquelles) des proposition(s) suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. La configuration électronique du ${}_{24}\text{Cr}^{2+}$ à l'état fondamental est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$.
- B. La configuration électronique du ${}_{24}\text{Cr}^{2+}$ à l'état fondamental est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^0$.
- C. n est le nombre quantique principal et il détermine la couche électronique.
- D. L'énergie de l'électron dans un atome à un électron dépend de n et l .
- E. L'atome de chrome à l'état fondamental possède 6 électrons de valence.

Question 14 : Les triplets de nombres quantiques (n, l, m) suivant caractérisent un niveau d'énergie d'un électron.

Laquelle (lesquelles) des proposition(s) suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. (2, 1, -2)
- B. (3, 2, -1)
- C. (3, 0, 1)
- D. (2, 2, -1)
- E. (0, 0, 0)

[illegible]

2023**I/ QUESTIONS D'ATOMISTIQUE, LIAISON CHIMIQUE ET EFFETS ELECTRONIQUES**

Question 1 : Parmi les propositions suivantes concernant les éléments Calcium (Ca) et Strontium (Sr), laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. Calcium et Strontium appartiennent à la même période du tableau périodique.
- B. Calcium et Strontium n'appartiennent pas au même groupe du tableau périodique.
- C. Calcium et Strontium appartiennent au bloc d du tableau périodique.
- D. Calcium et Strontium ont le même nombre d'électrons de valence.
- E. Calcium et Strontium sont des halogènes.

2022**I/ QUESTIONS D'ATOMISTIQUE, LIAISON CHIMIQUE ET EFFETS ELECTRONIQUES**

Dans les questions 1 à 3 on s'intéresse successivement à l'atome de Fluor, aux molécules F₂ et HF.
On donne les énergies des orbitales atomiques suivantes :

Hydrogène : 1s (H) = -13,6 eV

Fluor : 1s(F) = -654 eV ; 2s(F) = -37.9 eV ; 2p(F) = -18.4 eV

Question 1 : Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. L'atome de Fluor (⁹F) possède 9 électrons dans sa couche de valence.
- B. La configuration électronique du fluor est 1s² 2s² 2p⁵.
- C. A l'état fondamental, les électrons de l'atome de Fluor (⁹F) sont répartis entre deux orbitales atomiques de symétrie sphérique et trois orbitales atomiques de symétrie de révolution.
- D. L'atome de Fluor (⁹F) est moins électronégatif que l'atome d'hélium (²He).
- E. L'atome de Fluor (⁹F) a le plus faible potentiel d'ionisation de la seconde ligne du tableau périodique.

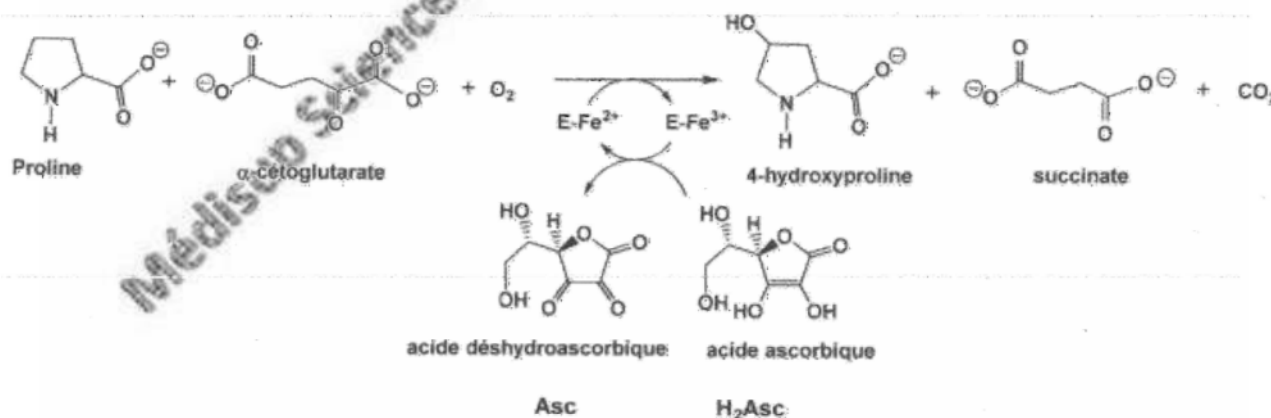
Question 3 : Laquelle (lesquelles) des proposition(s) suivantes est (sont) exacte(s) ?

- A. D'après la règle de Hund il faut remplir un minimum d'orbitales atomiques de même énergie.
- B. Les électrons impliqués dans une liaison sont les électrons de valence.
- C. Dans une molécule deux électrons peuvent avoir le même état quantique.
- D. Les orbitales atomiques sont décrites par 3 nombres quantiques.
- E. L'électronégativité est liée au niveau d'énergie des orbitales atomiques.

1	H	1.0079	2	He	4.0026
3	Li	6.941	4	Be	9.0122
5	B	10.811	6	C	12.011
7	N	14.007	8	O	15.999
9	F	18.998	10	Ne	20.180
11	Na	22.990	12	Mg	24.305
13	Al	26.982	14	Si	28.086
15	P	30.974	16	S	32.066
17	Cl	35.453	18	Ar	39.948
19	K	39.098	20	Ca	40.078
21	Sc	44.956	22	Ti	47.867
23	V	50.942	24	Cr	51.996
25	Mn	54.938	26	Fe	55.845
27	Co	58.933	28	Ni	58.693
29	Cu	63.546	30	Zn	65.39
31	Ga	69.723	32	Ge	72.64
33	As	74.922	34	Se	78.96
35	Br	79.904	36	Kr	83.80
37	Rb	85.468	38	Sr	87.62
39	Y	88.906	40	Zr	91.224
41	Nb	92.906	42	Mo	95.94
43	Tc	(98)	44	Ru	101.07
45	Rh	102.91	46	Pd	106.42
47	Ag	107.87	48	Cd	112.41
49	In	114.82	50	Sn	118.71
51	Sb	121.76	52	Te	127.60
53	I	126.90	54	Xe	131.29
55	Cs	132.91	56	Ba *	137.33
57-71	La-Lu	174.9 - 180.95	72	Hf	178.49
73	Ta	180.95	74	W	183.84
75	Re	186.21	76	Os	190.23
77	Ir	192.22	78	Pt	195.08
79	Au	196.97	80	Hg	200.59
81	Tl	204.38	82	Pb	207.2
83	Bi	208.98	84	Po	(209)
85	At	(210)	86	Rn	(222)
87	Fr	87.0	88	Ra **	88.0
89-103	Ac-Lr	89.0 - 103.0	104	Rh	101.07
105	Dub	(105)	106	Lv	(106)
107	Ubn	(107)	108	Uus	(108)
109	Ubu	(109)	110	Uuh	(110)
111	Uut	(111)	112	Uuq	(112)
113	Uut	(113)	114	Uuq	(114)
115	Uup	(115)	116	Uuh	(116)
117	Uup	(117)	118	Uuo	(118)
119	Uup	(119)	120	Uuo	(120)

III/ ETUDE D'ENZYMES H2Asc DEPENDANTES

Dans cette partie, on s'intéresse à l'interaction de l'acide ascorbique avec la *proline-4-hydroxylase*, une enzyme à fer catalysant l'hydroxylation régiosélective de la proline en position 4.



La *proline-4-hydroxylase* fonctionne à l'état natif avec l'ion Fe^{2+} dans son site actif ; elle a été également étudiée en présence des ions Mn^{2+} ou Zn^{2+} . On précise que :

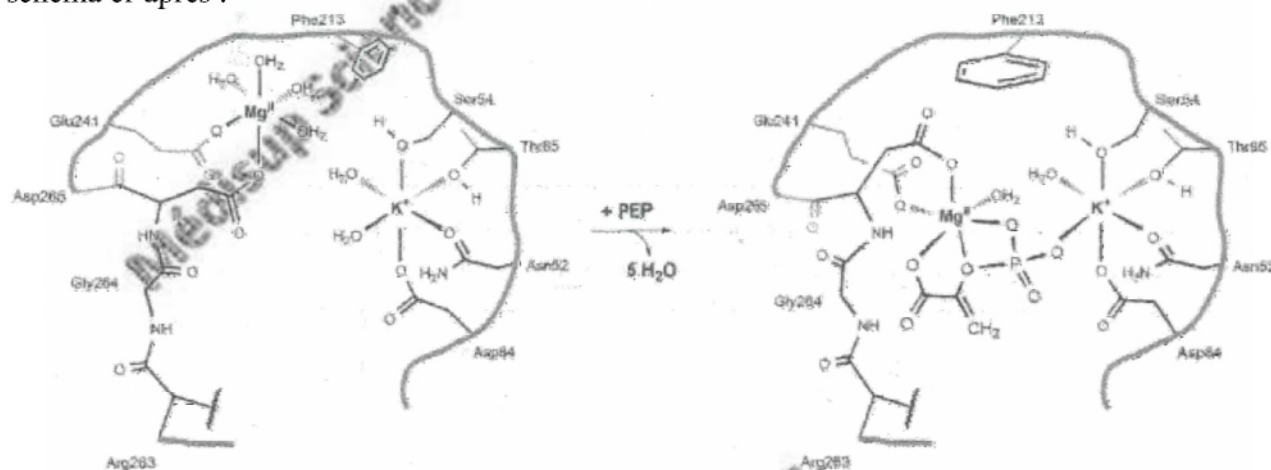
- Le manganèse peut présenter des états d'oxydation allant de +II à +VII.
- Les états d'oxydation +II et +III du fer sont les plus stables.
- Le seul état d'oxydation stable du zinc est +II.

Question 9 : A propos du manganèse, du fer et du zinc, quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) La configuration de l'ion manganèse Mn^{7+} est $[Ar]3d^7 4s^0$.
- B) L'ion manganèse Mn^{7+} ne présente que des électrons appariés.
- C) Le rayon ionique de l'ion Zn^{2+} est plus petit que celui de l'ion Mn^{2+} .
- D) Le manganèse est à la fois moins électronégatif et moins oxydable que le zinc.
- E) L'ion Fe^{2+} est un acide de Lewis plus dur que l'ion Fe^{3+} .

IV/ ETUDE DU SITE ACTIF DE LA PK

Deux cations métalliques, K^+ et Mg^{2+} , sont nécessaires pour la catalyse. Une étude structurale montre les changements dans le site actif lors de la fixation de **PEP**, comme représenté dans le schéma ci-après :



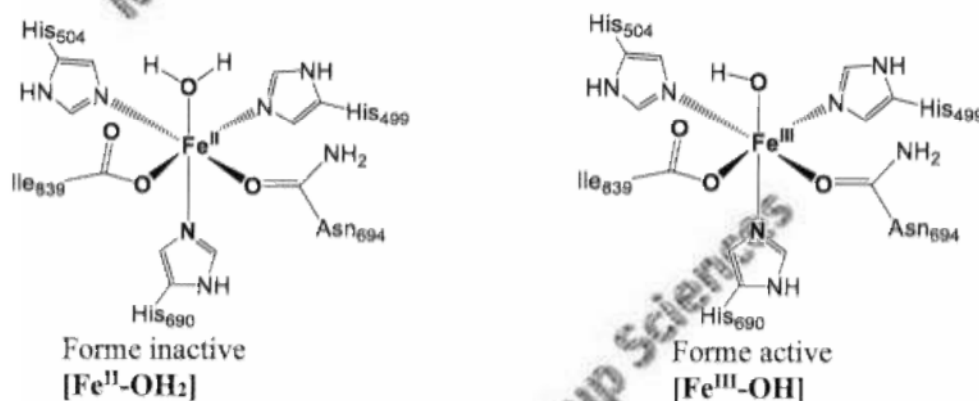
Question 38 : A propos du site actif de la PK sans PEP, quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- ~~A) Le rayon covalent de l'atome de potassium dans son état fondamental est plus grand que celui de l'atome de magnésium.~~
- B) La configuration de l'atome de magnésium dans son état fondamental est $[Ne]3s^2$.
- C) Le cation magnésium, Mg^{2+} , dans son état fondamental présente deux électrons de valence.
- D) Le magnésium est aussi stable sous forme Mg^{2+} que sous forme Mg^{3+} .
- ~~E) L'énergie de première ionisation est plus élevée pour l'atome de magnésium que pour l'atome de potassium.~~

Les leucotriènes sont des métabolites biologiquement actifs provenant des acides gras. Leur formation fait intervenir l'enzyme *lipoxygénase*. Par la suite, l'enzyme *LTA₄H* participe à la formation finale des leucotriènes.

I/ FORMATION DU PRECURSEUR DE LTA₄ : REACTION D'HYDROPEROXYDATION

L'enzyme *lipoxygénase* présente dans son site actif un complexe de fer. Sous sa forme inactive, le centre métallique est dans un état d'oxydation +2 et l'ion Fe^{2+} est coordonné par trois résidus histidine, un résidu asparagine, la fonction C-terminal d'une isoleucine et une molécule d'eau. Sous sa forme activée, l'ion métallique est dans un état d'oxydation +3 et la molécule d'eau est déprotonée. Les complexes sont notés $[\text{Fe}^{\text{II}}-\text{OH}_2]$ et $[\text{Fe}^{\text{III}}-\text{OH}]$ respectivement, comme montré ci-après :



Question 3 : Concernant les deux formes du complexe de fer $[\text{Fe}^{\text{II}}-\text{OH}_2]$ et $[\text{Fe}^{\text{III}}-\text{OH}]$ dans le site actif de la *lipoxygénase*, quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) Le centre métallique de $[\text{Fe}^{\text{II}}-\text{OH}_2]$ présente 18 électrons dans sa couche de valence.
- B) Dans le complexe $[\text{Fe}^{\text{II}}-\text{OH}_2]$, tous les ligands sont neutres.
- C) La configuration électronique de l'ion Fe^{3+} à l'état fondamental est $[\text{Ar}] 3d^6$.
- D) Fe^{3+} présente un électron de valence de plus que Fe^{2+} .
- E) En considérant uniquement les ligands directement coordonnés au centre métallique, la charge globale des deux complexes $[\text{Fe}^{\text{II}}-\text{OH}_2]$ et $[\text{Fe}^{\text{III}}-\text{OH}]$ est la même.

A partir d'un certain pH, le diiode n'est pas stable. Le couple I_2/I^- doit alors être remplacé par le couple IO_3^-/I^- . On précise que dans l'anion iodate IO_3^- , l'atome d'iode est l'atome central relié aux trois atomes d'oxygène et qu'il n'existe aucune liaison entre deux atomes d'oxygène.

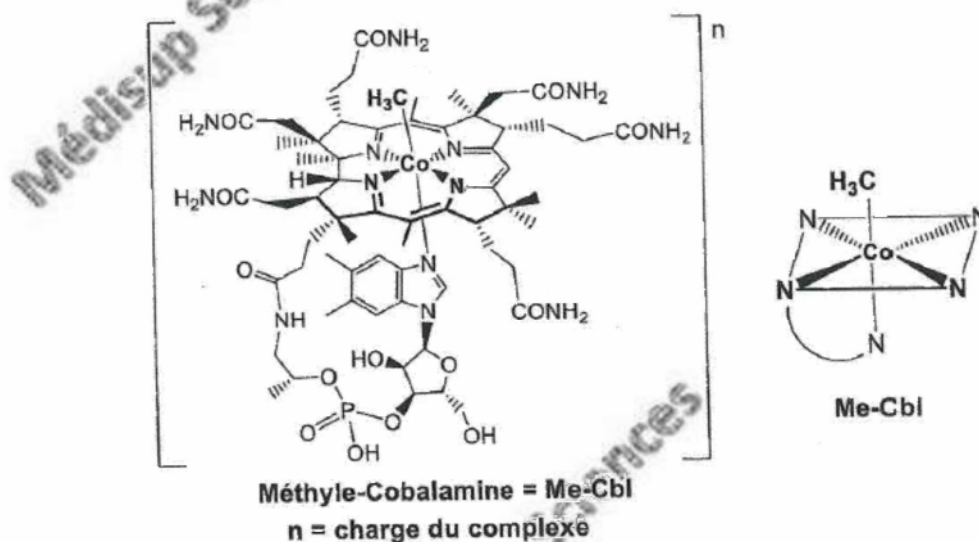
Question 28 : A propos des structures de Lewis de l'anion iodate, quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) La configuration électronique de l'atome d'iode est : $[\text{Kr}]5s^25d^{10}5p^5$.
- B) L'atome d'iode isolé a un électron de valence en plus que l'atome d'oxygène isolé.
- C) Les longueurs des liaisons I-O sont identiques.
- D) L'anion iodate est tétraédrique.
- E) Il existe une structure de Lewis dans laquelle l'atome d'iode n'est pas chargé et ne porte pas de doublet d'électrons non liants.

La réaction (1) est catalysée par l'enzyme *méthionine synthase*. Il existe deux types de *méthionine synthase* selon le cofacteur associé. L'une utilise un cofacteur métallique à base de cobalt, la colabamine (**Cbl**), et l'autre utilise un ion Zn^{2+} .

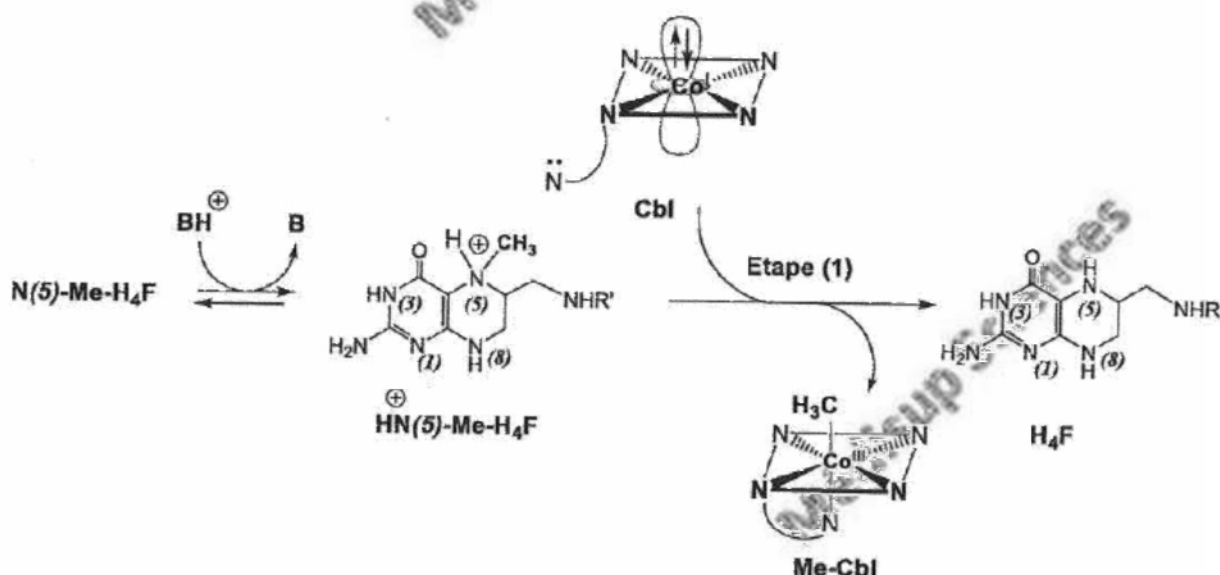
Dans la *méthionine synthase* colabamine dépendante, le rôle du cofacteur cobalamine est de catalyser le transfert du groupement méthyle de **N(5)-Me-H₄F** à l'homocystéine. L'ion cobalt dans la forme méthylée du cofacteur cobalamine est dans un état d'oxydation +3.

La structure développée de **Me-Cbl** et sa représentation simplifiée sont indiquées ci-après :



La réaction impliquant le cofacteur cobalamine comporte deux étapes : l'étape (1) est indiquée ci-dessous :

BH^+ est un acide faible non spécifié.

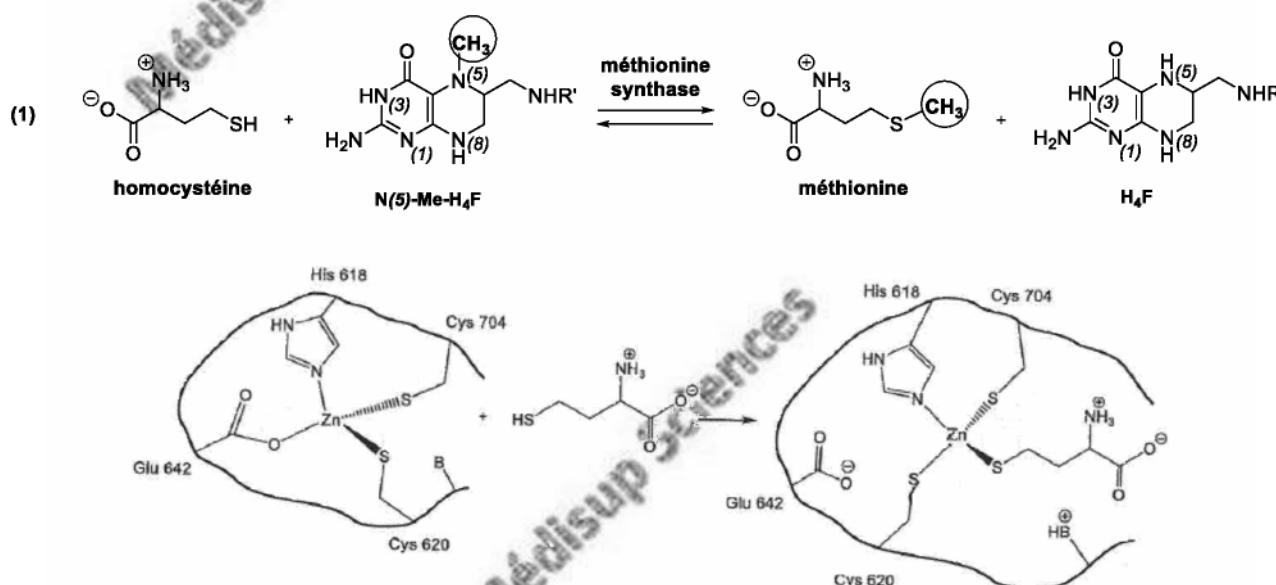


L'ion cobalt dans **Cbl** est tétracoordiné. Il présente un état d'oxydation +1 et un doublet d'électrons dans une orbitale dz^2 perpendiculaire au plan formé par les quatre atomes d'azote coordonnés au cobalt.

Question 3 : Concernant l'étape (1), quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) L'ion Co^+ joue le rôle du nucléophile.
- B) La configuration électronique de l'ion Co^{3+} à l'état fondamental est $[\text{Ar}] 3d^6$.
- C) L'ion Co^{3+} est plus polarisable que l'ion Co^+ .
- D) L'atome de carbone du groupement méthyle transféré joue le rôle de site électrophile.
- E) L'atome de carbone du groupement méthyle transféré est oxydé à 2 électrons.

Le site actif de l'autre type de *méthionine synthase* présente un ion Zn(II) coordonné à deux résidus cystéinate, un résidu histidine et un résidu glutamate. La première étape de la réaction (1) est l'interaction de l'homocystéine avec l'ion Zn(II) . L'interaction avec le substrat **N(5)-Me-H₄F** n'est pas représentée.

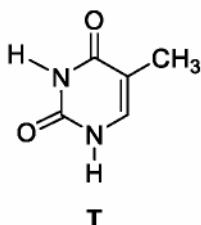


Question 5 : Concernant l'interaction entre l'homocystéine et le complexe de zinc, quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

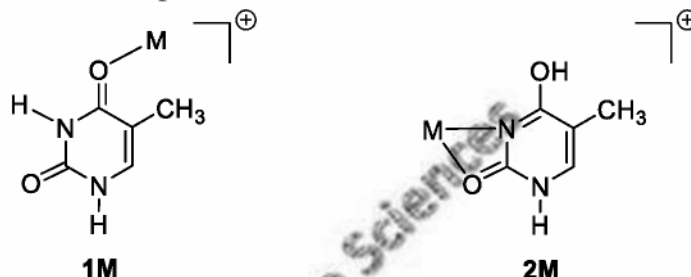
- A) Toutes les orbitales 3d de Zn^{2+} sont pleines.
- B) Le rôle de l'ion zinc est de générer une espèce plus nucléophile que l'homocystéine libre.
- C) La coordination de l'homocystéine au centre métallique diminue la valeur du pK_a du couple (RSH/RS^-) .
- D) Lors de la coordination de l'homocystéine, l'ion zinc change d'état d'oxydation.
- E) En considérant uniquement les ligands liés au centre métallique, la charge globale du complexe a changé d'une unité après l'échange de ligand.

III/ QUELQUES PROPRIETES DE LA THYMINE ET SES INTERACTIONS AVEC DES METAUX :

La thymine **T** est représentée ci-dessous :



En milieu biologique, la thymine et ses dérivés peuvent être complexés à des ions métalliques. Deux complexes **1M** et **2M** sont représentés ci-dessous :

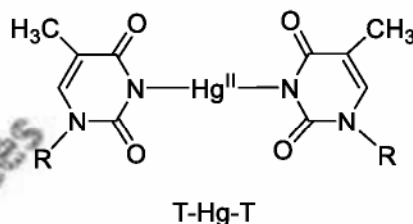


Le complexe **1M** est plus stable que **2M** pour K^+ ($M = K$), alors le complexe **2M** est plus stable pour Na^+ ($M = Na$).

Question 14 : Concernant l'interaction de la thymine **T et ses dérivés avec K^+ et Na^+ , quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?**

- ~~A) L'interaction entre K^+ et la thymine dans le complexe **1M** est essentiellement covalente.~~
- ~~B) L'atome d'azote est un aussi bon ligand que l'atome d'oxygène pour Na^+ .~~
- ~~C) Seules certaines des formes tautomères de la thymine sont capables de coordonner un centre métallique par un atome d'azote.~~
- ~~D) L'atome de potassium et l'atome de sodium ont le même nombre d'électrons de cœur.~~
- ~~E) D'après la position du sodium et du potassium dans la classification périodique, l'ion Na^+ est plus volumineux que K^+ .~~

Les interactions avec un centre métallique affectent les propriétés des acides nucléiques. Ceci a été montré dans le cas d'absorption de sel de mercure (Hg^{II}) par des organismes vivants. La structure du complexe **T-Hg-T** a été élucidée :



Question 15 : Concernant le complexe T-Hg-T, quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) La configuration électronique de l'atome Hg à l'état fondamental est [Xe] est $4f^{14} 5d^{10} 4s^2$.
- B) La configuration électronique de l'ion Hg^{2+} dans ce complexe à l'état fondamental est [Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^0$.
- C) L'ion Hg^{2+} est un acide de Lewis plus dur et moins polarisable que les cations Na^+ et K^+ .
- D) Le complexe **T-Hg-T** est paramagnétique.
- E) En considérant uniquement les ligands liés au centre métallique, la charge globale du complexe est +2.

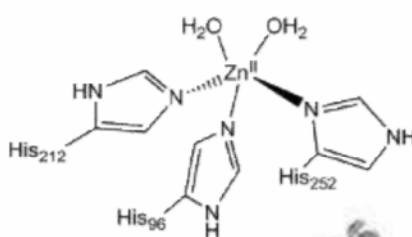
V/ ETUDE D'UNE ALDOLASE DE TYPE II

Les aldolases de classe II renferment un cation Zn^{2+} dans leur site actif. L'une d'entre elles, **FBPAII**, isolée de *Mycobacterium tuberculosis* est une cible thérapeutique potentielle puisque son bon fonctionnement est indispensable pour la survie de la mycobactérie.

Données :

Z(Zn) et Z(Fe) : voir tableau périodique.

En l'absence de substrat ou d'inhibiteur de l'enzyme **FBPAII**, l'ion Zn^{2+} dans le site actif est coordonné par trois résidus histidine et deux molécules d'eau comme montré ci-après :

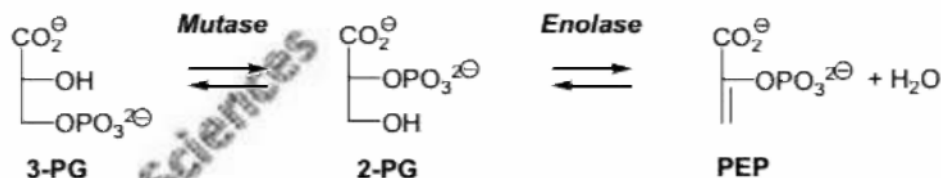


Question 23 : Concernant le complexe de zinc dans le site actif de **FBPAII, quelle est la (ou quelles sont les) proposition(s) exacte(s) ?**

- A) La configuration électronique de l'atome de zinc à l'état fondamental est $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$.
- B) La configuration électronique de l'ion Zn^{2+} dans le site actif à l'état fondamental est $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$.
- C) Le complexe ci-dessus est diamagnétique.
- D) En considérant uniquement les ligands liés au centre métallique, la charge globale du complexe est nulle.
- E) Dans le complexe ci-dessus, le nombre d'électrons dans la couche de valence du centre métallique est égal à 18.

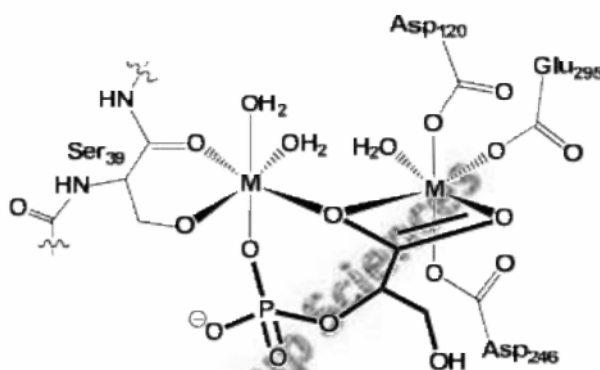
I.3/ Troisième et quatrième étapes : transformation de 3-PG en 2-PG catalysée par une mutase, puis transformation de 2-PG en PEP catalysée par une émolase.

Le bilan de cette suite réactionnelle est donné ci-dessous :



L'émolase catalyse la déshydratation de **2-PG** (transformation renversible) et nécessite la présence de deux cations métalliques ($M = \text{Mn}^{2+}$ ou Mg^{2+}) dans son site actif pour fixer le substrat **2-PG**. Le site actif en présence du substrat **2-PG** (représenté en gras) est schématisé ci-dessous.

Pour rappel : Mg ($Z = 12$), Ar ($Z = 18$), Mn ($Z = 25$).

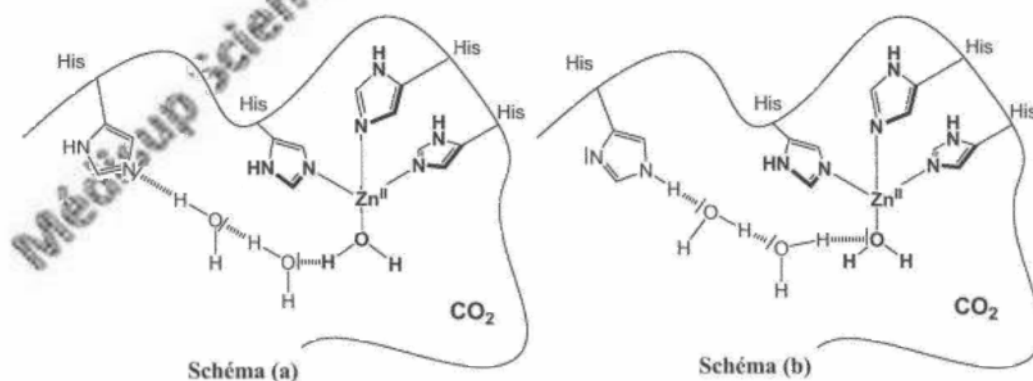


Question 9.

Quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) L'ion Mg^{2+} est un acide plus mou et plus polarisable que Mn^{2+} , ce qui augmente le caractère covalent des liaisons Mg-O du complexe.
- B) L'ion Mn^{2+} est de configuration électronique $[\text{Ar}]3d^7$ à l'état fondamental.
- C) Pour le complexe octaédrique $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, le nombre d'électrons dans la couche de valence du centre métallique est 17.
- D) Dans un complexe octaédrique, les orbitales $d_{x^2-y^2}$ et d_{z^2} sont plus basses en énergie que les autres orbitales d.
- E) Pour le remplissage des orbitales d, les règles de Hund et Pauli ne sont pas toujours suivies.

En milieu biologique, la réaction d'hydratation de CO_2 dissous est catalysée par l'enzyme *anhydrase carbonique*. Cette enzyme a un cofacteur métallique Zn^{2+} lié à trois résidus imidazole d'histidine. Le site actif est schématisé ci-dessous avec les principaux protagonistes de la réaction : quatre résidus d'imidazole d'histidine (His), trois molécules d'eau et l'ion zinc.



Question 10.

Sachant que $Z(\text{Zn}) = 30$, cocher la(les) proposition(s) correcte(s) :

- ☐ A) L'ion Zn^{2+} a 8 électrons dans ses orbitales d.
- ☐ B) En ne considérant que les ligands qui sont directement liés au centre métallique, le complexe du schéma (a) est chargé $2+$ et celui du schéma (b) est chargé $3+$.
- ☐ C) La coordination de l'eau au centre métallique polarise cette molécule d'eau et augmente donc sa basicité.
- ☐ D) Le réseau de liaison hydrogène représenté dans le schéma (a) contribue mieux que celui du schéma (b) à la diminution du pK_a de la molécule d'eau coordonnée au métal.
- ☐ E) Aucune de ces quatre propositions n'est correcte.

Question 12.

Les numéros atomiques des atomes d'azote, oxygène et soufre sont $Z(\text{N}) = 7$, $Z(\text{O}) = 8$ et $Z(\text{S}) = 16$. Cocher la(les) proposition(s) correcte(s) :

- ☐ A) La masse molaire atomique de l'atome d'oxygène est $8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- ☐ B) L'atome d'azote a trois électrons de valence.
- ☐ C) L'atome d'azote et l'atome d'oxygène sont dans la même période de la classification périodique.
- ☐ D) L'atome de soufre et l'atome d'oxygène ont le même nombre d'électrons de valence.
- ☐ E) Aucune de ces quatre propositions n'est correcte.

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS																		18 VIIIA	
PERIODE	1	2											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA	
1	H HYDROGENE	He HELIUM											B BORE	C CARBONE	N AZOTE	O OXYGENE	F FLUOR	Ne NEON	
2	Li LITHIUM	Be BERYLLIUM											Al ALUMINIUM	Si SILICIUM	P PHOSPHORE	S SOUFRE	Cl CHLORE	Ar ARGON	
3	Na SODIUM	Mg MAGNÉSIUM											Ga GALLIUM	Ge GERMANIUM	As ARSENIC	Se SELENIUM	Br BROME	Kr KRYPTON	
4	K POTASSIUM	Ca CALCIUM	Sc SCANDIUM	Ti TITANE	V VANADIUM	Cr CHROME	Mn MANGANESE	Fe FER	Co COBALT	Ni NICHEL	Cu CUIVRE	Zn ZINC	Ga GALLIUM	Ge GERMANIUM	As ARSENIC	Se SELENIUM	Br BROME	Kr KRYPTON	
5	Rb RUBIDIUM	Sr STRONTIUM	Y YTTRIUM	Zr ZIRCONIUM	Nb NIOBIUM	Mo MOLYBDÈME	Tc TECHNÉTIUM	Ru RUTHÈNIUM	Rh RHODIUM	Pd PALLADIUM	Ag ARGENT	Cd CADMIUM	In INDIUM	Sn ÉTAIN	Sb ANTIMOINE	Te TÉLURE	I IODÉ	Xe XÉNON	
6	Cs CÉSURIUM	Ba BARYUM	La-Lu Lanthanides		Hf HAFNIUM	Ta TANTALE	W TUNGSTÈNE	Re RHÉNIUM	Os OSMIUM	Ir IRIDIUM	Pt PLATINE	Au OR	Hg MERCURE	Tl THALLIUM	Pb PLOMB	Bi BISMUTH	Po POLONIUM	At ASTATE	Rn RADON
7	Fr FRANCIUM	Ra RADIUM	Ac-Lr Actinides		Rf RUFENIUM	Db DUBNIUM	Sg SEABERGIUM	Bh BOHRHIUM	Hs HASSEIUM	Mt MEITNERIUM	Uun UNUNNIUM	Uuh UNUNHUIUM	Uub UNUBIUM	Uuq UNUNQUADIUM					
Lanthanides																			
6	57 La LANTHANE	58 Ce CÉRIUM	59 Pr PRASEODYME	60 Nd NÉODYME	61 Pm PROMÉTHIUM	62 Sm SAMARIUM	63 Eu EUROPIUM	64 Gd GADOLINIUM	65 Tb TERBIUM	66 Dy DYSPROSIUM	67 Ho HOLMIUM	68 Er ERBIUM	69 Tm THULIUM	70 Yb YTBBIUM	71 Lu LUTÉTIUM				
Actinides																			
7	89 Ac ACTINIUM	90 Th THORIUM	91 Pa PROCTINIUM	92 U URANIUM	93 Np NEPTUNIUM	94 Pu PLUTONIUM	95 Am AMÉRICIUM	96 Cm CURIUM	97 Bk BERKÉLIUM	98 Cf CALIFORNIUM	99 Es EINSTEINIUM	100 Fm FERMIUM	101 Md MÉDÉCIUM	102 No NOBELIUM	103 Lr LAWRENCIUM				

2020

Question n°1 On considère la molécule PCl_3 .

Indiquer la ou les bonne(s) réponse(s).

- A. D'après la théorie VSEPR, l'atome de phosphore est de type AX_3 .
- B. La géométrie de la molécule est bipyramide trigonale.
- C. La géométrie de la molécule est trigonale plane.
- D. La configuration électronique de l'état fondamental du phosphore est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ et il y a trois électrons célibataires.
- E. D'après la théorie VSEPR, l'atome de phosphore est de type AX_3E_1 .

2018

Question n°1 Indiquer la ou les bonne(s) réponse(s)

- A. Dans l'atome d'hydrogène, l'énergie d'une orbitale dépend du nombre quantique secondaire l .
- B. L'énergie de l'orbitale $1s$ du Li^{2+} est 9 fois plus basse que celle de l'atome d'hydrogène.
- C. La configuration électronique à l'état fondamental de Ni^{2+} est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$.
- D. L'élément dont la configuration est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ est dans la même colonne que Na ($Z=11$).
- E. L'orbitale $2p$ du carbone a une énergie supérieure à l'orbitale $3p$ du silicium.

Question n°2 On considère l'atome de phosphore.

Indiquer la ou les bonne(s) réponse(s) concernant cet élément

- A. Dans la configuration électronique la plus stable du phosphore, il y a trois électrons célibataires.
- B. L'électronégativité du phosphore est inférieure à celle du silicium.
- C. L'énergie d'un électron dans l'atome de phosphore est donnée, en eV, par la formule :

$$E_n = -13,6 \frac{(15)^2}{n^2}.$$
- D. La structure de Lewis la moins chargée des ions PO_4^{3-} présente trois liaisons simples et une liaison double et la géométrie du phosphore y est trigonale.
- E. Les longueurs des liaisons impliquant le phosphore dans PO_4^{3-} sont toutes identiques.

Question n°1

On donne ci-dessous une liste de triplets de nombres quantiques. Indiquer le triplet correct.

- A. $n=3$, $l=3$, $m=-3$
- B. $n=2$, $l=-1$, $m=0$
- C. $n=4$, $l=2$, $m=-3$
- D. $n=5$, $l=4$, $m=-4$
- E. $n=1$, $l=0$, $m=-1$

Question n°2

Indiquer la ou les bonne(s) réponse(s) concernant une orbitale 2p.

- A. Elle est caractérisée par le nombre quantique secondaire $l=2$.
- B. Elle peut être représentée par deux lobes de signes contraires.
- C. Elle peut contenir 6 électrons.
- D. Elle a une symétrie sphérique.
- E. Elle est l'une des 4 orbitales caractérisée par le nombre quantique $n=2$.

Question n° 1

Indiquer la(ou les) propositions(s) correcte(s) :

- A. La configuration électronique de Mn^{2+} ($Z=25$) est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$.
- B. Plus la longueur d'onde de la radiation électromagnétique est élevée, plus la variation d'énergie correspondante est élevée.
- C. L'énergie de l'orbitale 3p de l'atome d'hydrogène est inférieure à celle de l'orbitale 2p.
- D. La configuration électronique de Ni ($Z=28$) est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$.
- E. La configuration électronique de Ni ($Z=28$) est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^9$.

Question n° 2

Indiquer la(ou les) propositions(s) correcte(s) :

- A. Une liaison π résulte de l'interaction de deux orbitales hybrides sp^2 .
- B. Les orbitales π d'une triple liaison sont perpendiculaires.
- C. L'atome d'azote possède, à l'état fondamental, deux électrons non appariés de spins opposés.
- D. D'après la théorie VSEPR l'atome d'azote dans NO_2^- est AX_2E_1 .
- E. L'électronégativité de l'azote est plus faible que celle du phosphore.

QCM 1 : Parmi les affirmations suivantes, déterminer celle qui est correcte.

- A) Des isotopes ont le même nombre de protons et un nombre différent de neutrons.
- B) Des isotopes ont le même nombre de masse.
- C) Un élément chimique est caractérisé par son nombre de masse.
- D) Un élément chimique n'est pas caractérisé par son numéro atomique.
- E) Des isotopes n'ont pas le même nombre d'électrons.

QCM 2 : Parmi les triplets de nombres quantiques (n, l, m) suivants, caractérisant un électron, déterminer celui qui est correct.

- A) (2, 1, -2)
- B) (3, 2, -1)
- C) (3, 0, 1)
- D) (2, 2, -1)
- E) (0, 0, 0)

QCM 1 : Indiquez la réponse exacte

- A) Deux isotopes possèdent un nombre différent de protons.
- B) Deux isotopes d'un même élément ont des électronégativités différentes.
- C) n est le nombre quantique principal et détermine la couche électronique.
- D) L'électronégativité de l'atome de Chlore est inférieure à celle de l'atome de Brome.
- E) L'énergie de l'électron dans l'atome d'hydrogène dépend de n et l .

QCM 2 : Indiquez la réponse exacte dans la série de questions suivantes

- A) La configuration électronique du ${}_{24}\text{Cr}$ à l'état fondamental est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$
- B) La configuration électronique de ${}_8\text{O}$ à l'état fondamental est : $1s^2 2s^2 2p^4$ et il n'y a pas d'électrons célibataires.
- C) Les électrons de valence du ${}_{26}\text{Fe}$ sont les électrons $4s^2 3d^5$.
- D) La configuration électronique du ${}_{24}\text{Cr}$ à l'état fondamental est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$.
- E) L'atome d'Azote est plus électronégatif que l'atome de Phosphore parce qu'il a moins de protons.

1.

Indiquez la (ou les) réponse (s) exacte (s)

- A- Une fonction d'onde représente la probabilité de trouver l'électron dans un élément de volume.
- B- Chaque type d'orbitale est caractérisé par une géométrie dans l'espace.
- C- Dans l'équation de Schrödinger, on applique à l'énergie E l'opérateur Hamiltonien.
- D- Plus la longueur d'onde de la radiation électromagnétique est élevée, plus la variation d'énergie correspondante est élevée.
- E- Deux isotopes ont le même nombre de masses.

2.

Indiquez la (ou les) réponse (s) exacte (s)

- A- Dans l'atome d'hydrogène et pour une même valeur de n nombre quantique principal, l'énergie de l'orbitale augmente lorsque l nombre quantique secondaire augmente.
- B- l est le nombre quantique secondaire, entier positif.
- C- les valeurs du nombre quantique m sont entières relatives et non nulles.
- D- Une orbitale 3p est plus volumineuse et a une énergie plus grande qu'une orbitale 2p.
- E- L'orbitale 2p du fluor a une énergie supérieure à l'orbitale 2p de l'azote.

4.

Pour les atomes suivants, **Indiquez la (ou les) réponse (s) exacte (s)** concernant les configurations électroniques à l'état fondamental.

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| A- ${}_{17}\text{Cl}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ |
| B- ${}_{28}\text{Ni}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$ |
| C- ${}_{29}\text{Cu}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ |
| D- ${}_{23}\text{V}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$ |
| E- ${}_{27}\text{Co}^{2+}$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$ |

Exercice 1 : Atomistique.

Q1– Quelle(s) est (sont) la (les) proposition(s) exacte(s) parmi les suivantes :

- A : Tous les isotopes ont le même nombre de neutrons.
- B : Pour déterminer la configuration électronique d'un atome, on utilise les règles de Hund, Pauli, Lewis et Klechkowsky.
- C : Un électron peut avoir ses 4 nombres quantiques selon la relation : $n = l - 1 = m = s$.
- D : Pour le Zinc, la sous-couche 3d est de niveau énergétique supérieur à la 4s.
- E : La présence de doublets non liants dans la molécule d'eau entraîne un angle inférieur à 120° sur sa forme géométrique suivant le modèle V.S.E.P.R.