

Table de matière

ANNEXE A	STRUCTURE DES MOLECULES.....	2
<i>A.1</i>	<i>Notion de liaison moléculaire</i>	<i>2</i>
<i>A.2</i>	<i>Théorie de l'hybridation.....</i>	<i>2</i>
<i>A.3</i>	<i>Conséquences de l'hybridation</i>	<i>3</i>
<i>A.4</i>	<i>Diagramme de corrélation des molécules à deux centres de charge égale.....</i>	<i>4</i>
<i>A.5</i>	<i>Nomenclature spectroscopique</i>	<i>4</i>
ANNEXE B	EFFETS DE V_{OBS} SUR L'ENERGIE DES IONS PRODUITS.....	6
ANNEXE C	RESULTATS EXPERIMENTAUX.....	10

A.1 Notion de liaison moléculaire

Selon le modèle simple de Lewis, la liaison s'effectuait par doublets d'électrons : les atomes ayant tendance à s'associer dans la molécule en s'entourant du nombre d'électrons nécessaire pour acquérir une configuration électronique de gaz rares (8 électrons). Selon les conceptions modernes sur les liaisons de plusieurs espèces importantes de molécules, dans la théorie des orbitales moléculaires, les électrons des molécules se trouvent dans des orbitales qui peuvent être associées à plusieurs noyaux. Selon l'approximation la plus simple, les orbitales moléculaires sont des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques (LCAO-MO).

Une orbitale moléculaire est obtenue lorsque deux électrons occupent une région de l'espace par un chevauchement ou un recouvrement de deux orbitales atomiques. Le recouvrement axial de deux orbitales atomiques s (sphériques) a une forme ellipsoïdale et conduit à la formation d'une orbitale moléculaire σ et d'une liaison σ . Si les deux atomes continuent de se rapprocher suivant un de leur axe il arrive un moment où les orbitales p peuvent se chevaucher latéralement et fusionner. Mettant en commun leur électron de valence créant ainsi une orbitale moléculaire π sous l'effet d'une liaison π . Compte tenu de la disposition des orbitales autour du noyau et de leur forme, la liaison π ne peut se créer qu'après formation de la liaison σ .

La géométrie des orbitales moléculaires montre que l'orbitale σ possède une symétrie axiale et il peut donc y avoir libre rotation autour de l'axe pour les liaisons σ , formées par recouvrement axial d'orbitales atomiques s ou p, alors que cette libre rotation est impossible dans le cas de liaisons π , formées par un recouvrement latéral d'orbitales atomiques p. Certaines observations expérimentales sur la géométrie des molécules sont en contradiction avec la nature et la position des orbitales telles qu'elles ont été définies par Lewis. Par exemple la tétravalence du carbone telle qu'on la rencontre dans la quasi totalité des composés organiques (l'acétylène est un exemple) ne peut être expliquée par la nature et la disposition d'orbitales s et p différentes. Ainsi on a été amené à formuler la théorie de l'hybridation des orbitales.

A.2 Théorie de l'hybridation

La théorie de l'hybridation a été développée au cours des années 1930, notamment par le chimiste Linus Pauling (prix Nobel de chimie en 1954). C'est une théorie descriptive de la liaison chimique qui a eu, et a encore, un grand succès en chimie organique. Elle rend assez bien compte des faits expérimentaux, absolument incompréhensibles par la théorie de Lewis, tels que l'existence de liaisons s et p. C'est également une théorie qui a ses limites, limites qui seront dépassées, du moins en partie, par la théorie des orbitales moléculaires.

Prenons le cas de l'atome de carbone C : la différence d'énergie entre les électrons des niveaux s et p est faible et un faible apport énergétique rend possible le passage d'un niveau à un autre. Les 4 électrons périphériques du C (sa structure électronique est $1s^2 2s^2 2p^2$) ont une nature intermédiaire entre l'orbitale s et les orbitales p, du fait des échanges permanents entre eux. Par conséquent les quatre orbitales s et p sont partiellement dégénérées ou s'hybrident entre elles pour former deux, trois ou quatre orbitales hybrides nommées respectivement, sp, sp^2 ou sp^3 et dont les caractéristiques sont intermédiaires entre les orbitales s pure et p pure :

- si une orbitale s et une orbitale p s'hybrident, les deux autres conservant leur caractère p pur, on a la formation de deux orbitales hybrides sp ou sp^1 (50 % de caractère s et 50 % de caractère p). La géométrie est linéaire (angle 180°). Les orbitales p forment 90° entre elles dans des plans perpendiculaires à la direction des orbitales hybrides. C'est le cas des atomes ayant une liaison triple comme dans les alcynes, le nitrile ou la molécule d'azote.

- Si une orbitale s et deux orbitales p s'hybrident, la troisième orbitale p conserve son caractère pur, on a la formation de trois orbitales hybrides sp^2 , identiques et disposées à 120° l'une de l'autre. On parle de l'hybridation sp^2 (environ 33 % de caractère s et environ 66 % de caractère p). L'orbitale p pure est dans un plan perpendiculaire au plan des trois orbitales sp^2 formant ainsi une géométrie trigonale plane. C'est le cas des atomes ayant une liaison double comme dans les alcènes, les carbonyles, l'oxygène ou autre.
- Si l'orbitale s s'hybride avec trois orbitales p, l'atome est alors dans un état d'hybridation de type sp^3 , les quatre orbitales hybrides formées sont identiques et sont disposées symétriquement autour du noyau dans l'espace à $(109^\circ 28')$, formant ainsi une structure tétraédrique. Chaque orbitale possède 25 % du caractère s et 75 % du caractère p. C'est la caractéristique du carbone tétravalent, de l'oxygène, de l'azote, des halogènes et de bien d'autres atomes simplement liés. Certaines orbitales peuvent être occupées par des doublets non partagés, aussi appelés doublets non liants, et les angles entre les axes des orbitales peut être légèrement différents de $109^\circ 28'$.

A.3 Conséquences de l'hybridation

La figure A.1 indique les diagrammes des niveaux d'énergies possibles pour les molécules diatomiques homonucléaires, la position relative du niveau σ_z^l est incertaine.

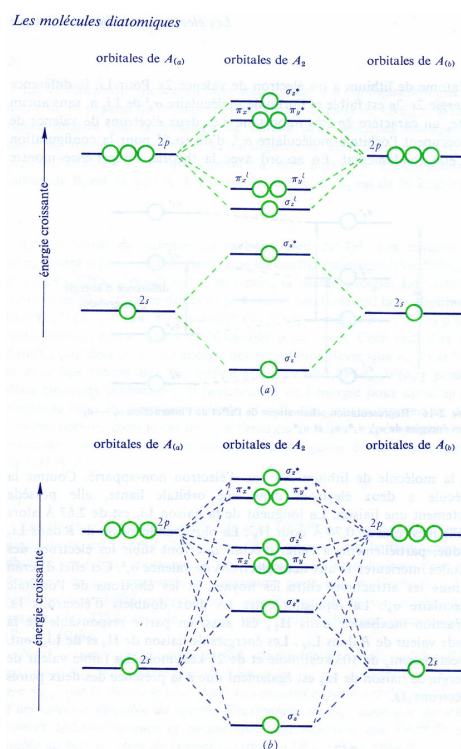


Figure A.1. Diagrammes des niveaux d'énergie des orbitales moléculaires d'une molécule diatomique homonucléaire (a) sans interaction ; (b) avec interaction. (Gray 1969).

- Lorsque la différence d'énergie 2s-2p est importante, σ_z^l est probablement plus stable que $\pi_{x,y}^l$ (fig.A.1.a), l'approximation, consistant à prendre les orbitales moléculaires σ_s comme étant construites à partir des deux seules orbitales atomiques 2s.
- Pour de petites différences d'énergie 2s-2p, il faut combiner linéairement à la fois les deux orbitales 2s et les deux orbitales $2p_z$ afin d'obtenir les orbitales moléculaires. La stabilisation de σ_z^l et σ_s^* provenant d'une

telle hybridation s-p s'accompagne d'une déstabilisation correspondante de σ_z^1 et σ_z^* . De tout mélange notable s-p, il en résulte que l'orbitale σ_z^1 devient moins stable que $\pi_{x,y}^1$ (fig.A.1.b).

A.4 Diagramme de corrélation des molécules à deux centres de charge égale

Les molécules homonucléaires diatomiques sont linéaires appartenant au groupe de symétrie $D_{\infty h}$. Le diagramme de corrélation de ces molécules est représenté dans la figure A.2. Il décrit la configuration d'un tel système en fonction de la distance internucléaire entre les atomes en passant de l'atome unifié à la molécule dissociée. La molécule réelle est, bien entendu, située entre ces limites.

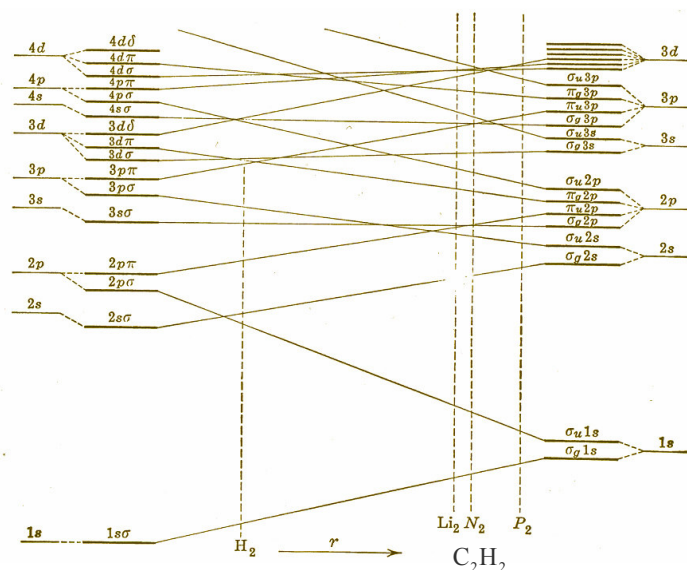


Figure A.2. Diagrammes de corrélation des orbitales moléculaires pour les molécules à deux centres de charge égale.(Herzberg 1966)

A.5 Nomenclature spectroscopique

La nomenclature spectroscopique des états électroniques d'une molécule est associée aux opérations fondamentales du groupe : Le tableau A.1 regroupe quelques groupes de symétrie relatifs à la molécule neutre et ses ions moléculaires, les éléments de symétrie qui leur sont associés et la nomenclature qui leur correspond. A titre d'exemple, nous avons présenté dans la figure (A.3) les éléments de symétrie de la molécule C_2H_2 de forme Cis appartenant au groupe de symétrie C_{2v} :

Groupe de symétrie	Eléments de symétrie	Nomenclature
C_2	axe C_2	A, B
C_{2h} (trans)	axe C_2 , un plan σ_h , $i \equiv S_2$	A_g, A_u, B_g, B_u
$D_{\infty h}$ (linéaire)	un axe C_{∞} , un nombre infini de C_2 ($\perp C_{\infty}$) et à σ_v , un σ_h et C_p et S_p (identique à C_{∞}), i	Σ^+, Σ^- , ou $\Pi, \Delta, \dots$ pour ($l = 0$ ou, 1, 2..)
C_{2v} (cis)	axe C_2 , deux plans σ_v , un σ_d	A_1, A_2, B_1, B_2

Tableau II.1 Les notations (g, +, 1) et (u, -, 2) se réfèrent à la symétrie ou à l'antisymétrie par rapport à un plan σ (Herzberg 1966).

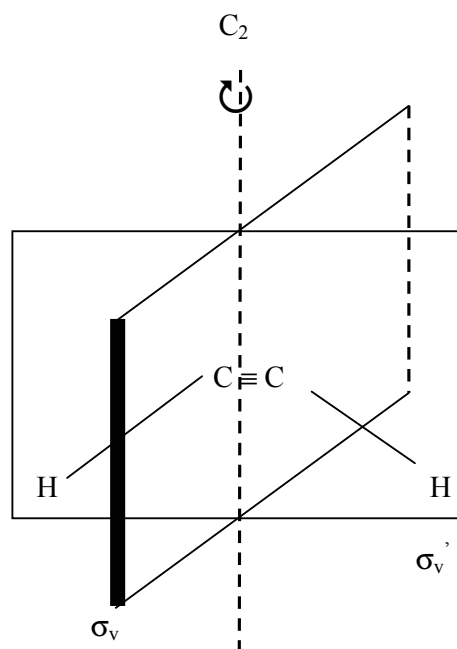


Figure A.3. Molécule C_2H_2 de symétrie C_{2v} ,

ANNEXE B

Effets de V_{obs} sur l'énergie des ions produits

Dans les processus d'ionisation simple, nous avons toujours négligé l'effet de focalisation du potentiel d'observation car celui-ci est relativement faible par rapport au potentiel d'accélération des ions. Cependant, dans les processus dissociatifs cet effet est non négligeable et est lié à l'énergie des ions produits. Compte tenu de la présence de cette tension quelle est l'acceptance angulaire ?

Avant la région de collision, l'énergie de l'ion incident est donnée par :

$$E_i = qV_i \quad (B. 1)$$

Dans la région de collision, l'ion incident est freiné par la tension V_{obs} et son énergie devient :

$$E_i = q(V_i - V_{obs}) = qV_i' \quad (B. 2)$$

Dans la région de collision, après la dissociation, les fragments partageront l'énergie de l'ion incident. Pour un $KER = 0$, leur énergie est donnée par :

$$q'V = q(V_i - V_{obs}) \frac{m}{M} \quad (B. 3)$$

Après la région de collision, l'énergie des ions augmente selon l'expression suivante :

$$q'V' = q'V + q'V_{obs} = q(V_i - V_{obs}) \frac{m}{M} + q'V_{obs} \quad (B. 4)$$

Les angles de diffusion θ et θ' , respectivement, dans et après la région de collision, des fragments de dissociation ne sont pas exactement les mêmes. Notons que pour chaque processus, l'angle limite change avec l'énergie de l'ion. Nous établissons ainsi, la relation liant ces deux paramètres ?

$$\text{tg}\theta' \sqrt{V'} = \text{tg}\theta \sqrt{V} \quad (B. 5)$$

Selon la figure (B.1) :

Région de collision

Lentille
(effet de V_{obs})

entrée de l'aimant

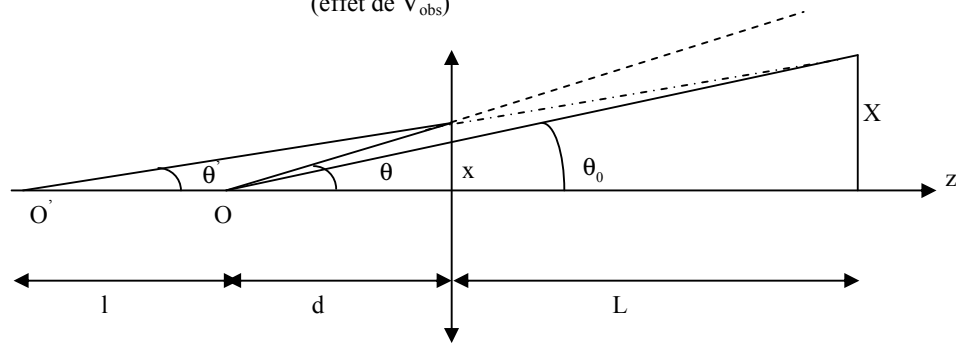


Figure B.1.

Nous avons :

$$\text{tg}\theta = \frac{(1+d)}{d} \text{tg}\theta' \quad \text{et} \quad \text{tg}\theta' = \text{tg}\theta_0 \frac{L}{(L+1)} \quad (B. 6)$$

D'où
$$\operatorname{tg}\theta = \frac{(1+d)}{d} \frac{L}{(L+1)} \operatorname{tg}\theta_0 \quad (\text{B. 7})$$

Dans l'approximation où $(1 \simeq d) \ll L$, On obtient la relation liant θ et θ_0 :

$$\theta = 2 \theta_0 \quad (\text{B. 8})$$

En combinant les expressions (B.5) et (B.6) nous avons alors :

$$\sqrt{\frac{V'}{V}} = \frac{(1+d)}{d} \Rightarrow 1 = d \left(\sqrt{V'/V} - 1 \right) \quad (\text{B. 9})$$

En injectant l'expression (B.9) dans (B.7) on obtient :

$$\operatorname{tg}\theta = \operatorname{tg}\theta_0 \sqrt{V'/V} \left(\frac{1}{1 + \frac{d}{L} \left(\sqrt{V'/V} - 1 \right)} \right) \quad (\text{B. 10})$$

$$\theta = \theta_0 \sqrt{V'/V} \left(\frac{1}{1 + \frac{d}{L} \left(\sqrt{V'/V} - 1 \right)} \right) \quad (\text{B. 11})$$

En tenant compte de l'expression de la vitesse maximale donnée dans le centre de masse (fig. B.2) nous avons :

$$w_{\max} = v_c \sin \theta_{\max} \quad (\text{B. 12})$$

En combinant les expressions (B.10) et (B.12), en première approximation :

$$\frac{w_{\max}}{v_c} \simeq \theta_0 \sqrt{V'/V} \left(\frac{1}{1 + \frac{d}{L} \left(\sqrt{V'/V} - 1 \right)} \right) \quad (\text{B. 13})$$

Dans le référentiel du laboratoire, nous nous intéressons aux ions après l'effet du potentiel d'observation V_{obs} , y compris son action sur la vitesse du référentiel du centre de masse, v_c . Quelle est alors, la relation entre $w_{\max}/v_c$ et $w'_{\max}/v'_c$?

Le principe de conservation de l'énergie nous permet d'avoir la relation liant l'énergie maximale des ions avec et sans V_{obs} :

$$\frac{mv'^2_{\max}}{2} = \frac{mv^2_{\max}}{2} + q'V_{\text{obs}} \quad (\text{B. 14})$$

ou encore :

$$q'V'_{\max} = q'V_{\max} + q'V_{\text{obs}} \quad (\text{B. 15})$$

Les vitesses $v_{\max}$ et $v'_{\max}$ (fig. B.2) correspondent à :

$$v_{\max} = v_c + w_{\max} \quad \text{et} \quad v'_{\max} = v'_c + w'_{\max} \quad (\text{B. 16})$$

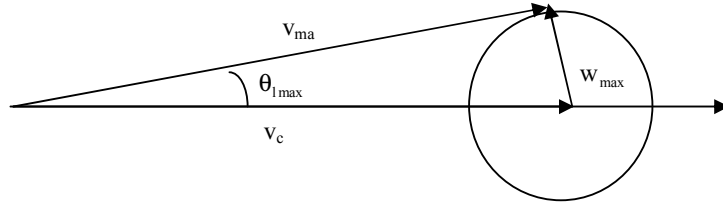


Figure B.2. $\vec{v}_{\max} = \vec{v}_c + \vec{w}_{\max}$

Et l'énergie correspondante est :

$$q' V_{\max} = \frac{m}{2} v_{\max}^2 = \frac{m}{2} (v_c + w_{\max})^2 \quad \text{et} \quad q' V_{\max} = \frac{m}{2} v_{\max}^2 = \frac{m}{2} (v_c' + w_{\max}')^2 \quad (\text{B. 17})$$

En injectant l'expression (B.17) dans (B.15) et en utilisant l'expression (B.14) dans le cas du centre de masse nous avons :

$$\frac{w_{\max}}{v_c} = \frac{w_{\max}' v_c'}{v_c^2} \quad (\text{B. 18})$$

En réécrivant l'équation (B.14) dans le cas du centre de masse, nous avons :

$$\frac{mv_c'^2}{2} = \frac{mv_c^2}{2} + q' V_{\text{obs}} \quad \text{et} \quad \frac{1}{2} M v_c^2 = q V_i' \quad (\text{B. 19})$$

En combinant les expressions (B.14) et (B.19) nous avons :

$$\frac{v_c'^2}{v_c^2} = \frac{V'}{V} \quad (\text{B. 20})$$

(B.20) dans (B.18) nous obtenons :

$$\frac{w_{\max}}{v_c} = \frac{w_{\max}'}{v_c'} \times \frac{V'}{V} \quad (\text{B. 21})$$

(B.21) dans (B.13) nous avons :

$$\frac{w_{\max}'}{v_c'} = \theta_0 \sqrt{\frac{V}{V'}} \left(\frac{1}{1 + \frac{d}{L} (\sqrt{V/V'} - 1)} \right) \quad (\text{B. 22})$$

En présence de la tension d'observation, nous nous intéressons maintenant à la relation liant la vitesse de l'ion au champ magnétique :

$$\text{Au centre de la distribution énergétique : } v_c' = \frac{B_c q' R}{m} \quad (\text{B. 23})$$

$$\text{A l'extrémité de la distribution énergétique : } v_{\max}' = \frac{B_{\max} q' R}{m} \quad (\text{B. 24})$$

$$\text{(B.23) et (B.24) : } v_{\max}' = v_c' \frac{B_{\max}}{B_c} \quad (\text{B. 25})$$

En combinant les expressions (B.16) et (B.25), nous avons :

$$\frac{w'_{\max}}{v'_c} = \frac{\Delta B}{2 B_c}, \quad \frac{\Delta B}{2} = B_{\max} - B_c \quad (\text{B. 26})$$

Expérimentalement, en combinant (B.22) et (B.26), on doit avoir :

$$\frac{\Delta B}{2B_c} \leq \theta_0 \sqrt{\frac{V}{V'}} \left(\frac{1}{1 + \frac{d}{L} \left(\sqrt{(V/V')} - 1 \right)} \right) \quad (\text{B. 27})$$

Dans le cas où la tension d'observation a un effet négligeable, nous avons $V \simeq V'$. Ceci signifie que :

$$\frac{\Delta B}{2B_c} \leq \theta_0 \quad (\text{B. 28})$$

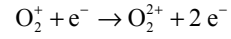
Remarquons aussi un cas extrême où la tension d'observation est non négligeable, cas de $(H^+/C_2H_2^+)$, $V' \simeq 3 V$. Ceci signifie que :

$$\frac{\Delta B}{2B_c} \leq \frac{1}{\sqrt{3}} \theta_0 \quad (\text{B. 29})$$

ANNEXE C

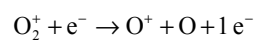
RESULTATS EXPERIMENTAUX

Pour chacune des mesures, nous avons établi le tableau de la section efficace en fonction de l'énergie des électrons pour différent processus d'ionisation et de dissociation des ions moléculaires O_2^+ , $C_2H_2^+$ et C_2H^+ .



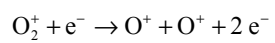
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
20.5	0.04	0.05	138.5	2.20	0.03
22.5	0.01	0.05	158.5	2.17	0.03
23.5	0.01	0.06	178.5	2.12	0.03
24.5	0.08	0.05	198.5	2.04	0.02
26.5	0.06	0.02	218.5	2.00	0.02
28.5	0.18	0.04	258.5	1.91	0.02
30.5	0.30	0.06	298.5	1.75	0.02
34.5	0.57	0.02	348.5	1.65	0.02
38.5	0.76	0.04	398.5	1.60	0.02
43.5	0.92	0.04	498.5	1.42	0.02
48.5	1.19	0.03	598.5	1.29	0.02
58.5	1.40	0.05	698.5	1.23	0.02
68.5	1.59	0.04	798.5	1.11	0.02
78.5	1.80	0.03	998.5	0.99	0.01
88.5	1.90	0.03	1298.5	0.84	0.01
98.5	2.00	0.03	1598.5	0.71	0.01
108.5	2.09	0.04	1998.5	0.60	0.01
118.5	2.15	0.04	2498.5	0.50	0.01

Tableau C. 1 Section efficace de l'ionisation simple de l'ion moléculaire O_2^+



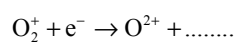
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
4.5	3.74	1.29	68.5	21.80	0.59
5.5	4.62	1.01	78.5	21.95	0.56
6.5	3.31	1.24	88.5	22.00	0.60
7.5	2.07	0.65	98.5	21.90	0.62
8.5	3.55	0.65	118.5	21.43	0.58
10.5	5.70	0.61	148.5	20.32	0.61
12.5	8.14	0.59	198.5	18.21	0.50
14.5	11.07	0.53	248.5	16.54	0.50
16.5	12.11	0.53	298.5	15.17	0.50
18.5	13.44	0.68	398.5	13.13	0.50
22.5	15.15	0.50	498.5	11.70	0.50
24.5	15.91	0.72	598.5	10.60	0.50
28.5	17.67	0.78	798.5	8.98	0.50
33.5	18.85	0.64	998.5	7.84	0.50
38.5	20.54	0.68	1498.5	5.87	0.50
43.5	20.98	0.62	1998.5	4.60	0.50
48.5	21.11	0.70	2498.5	3.73	0.50
58.5	21.42	0.70			

Tableau C. 2 Section efficace de l'excitation dissociative de l'ion moléculaire O_2^+



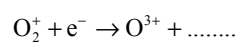
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
22.5	0.01	0.02	148.5	5.25	0.04
24.5	0.04	0.02	198.5	4.82	0.04
28.5	0.16	0.02	248.5	4.33	0.04
33.5	0.37	0.02	298.5	3.95	0.04
38.5	0.51	0.03	398.5	3.36	0.04
43.5	0.87	0.03	498.5	3.03	0.03
48.5	1.35	0.03	598.5	2.54	0.04
58.5	2.27	0.04	798.5	2.11	0.03
68.5	2.98	0.04	998.5	1.79	0.03
78.5	3.68	0.04	1498.5	1.19	0.03
88.5	4.49	0.05	1998.5	1.00	0.03
98.5	4.98	0.05	2498.5	0.87	0.02
118.5	5.30	0.05			

Tableau C. 3 Section efficace de l'ionisation dissociative de l'ion moléculaire O_2^+



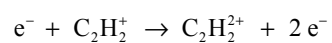
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$
40.5	0.01	0.01	138.5	5.39	0.02
42.5	0.04	0.01	158.5	5.37	0.03
44.5	0.09	0.01	198.5	5.00	0.03
48.5	0.28	0.01	258.5	4.46	0.03
53.5	0.65	0.01	298.5	4.22	0.02
58.5	1.11	0.02	398.5	3.64	0.02
63.5	1.72	0.01	598.5	2.89	0.02
68.5	2.19	0.02	798.5	2.40	0.01
78.5	3.14	0.02	998.5	2.02	0.01
88.5	3.80	0.01	1598.5	1.43	0.01
98.5	4.33	0.02	1998.5	1.19	0.01
108.5	4.90	0.01	2498.5	1.00	0.01
118.5	5.18	0.04			

Tableau C. 4 Section efficace de formation de O^{2+} à partir de l'ion moléculaire O_2^+



$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-22} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-22} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-22} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-22} \text{ cm}^2)$
158.5	-0.32	0.48	548.5	5.41	0.45
168.5	0.33	0.25	568.5	5.71	0.30
178.5	0.95	0.36	598.5	5.07	0.28
198.5	1.83	0.3	648.5	5.31	0.27
218.5	3.65	0.43	698.5	5.64	0.43
248.5	5.79	0.4	798.5	5.45	0.46
298.5	7.16	0.46	998.5	5.48	0.54
348.5	7.24	0.31	1298.5	5.15	0.39
398.5	7.14	0.27	1598.5	5.11	0.25
448.5	6.77	0.34	1998.5	4.75	0.27
498.5	6.47	0.35	2498.5	4.90	0.33
518.5	6.45	0.48			

Tableau C. 5 Section efficace apparente de formation de O^{3+} à partir de l'ion moléculaire O_2^+



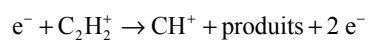
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
20.5	0.01	0.05	138.5	5.56	0.02
22.5	0.07	0.05	158.5	5.35	0.02
24.5	0.76	0.05	178.5	5.14	0.03
26.5	1.28	0.05	198.5	4.90	0.03
28.5	1.91	0.06	218.5	4.66	0.02
33.5	2.85	0.04	248.5	4.47	0.02
38.5	3.57	0.05	298.5	4.07	0.02
43.5	4.08	0.03	398.5	3.61	0.02
48.5	4.27	0.03	498.5	3.18	0.02
53.5	4.58	0.03	598.5	2.86	0.01
58.5	4.66	0.03	798.5	2.37	0.01
68.5	5.05	0.03	998.5	2.07	0.01
78.5	5.19	0.03	1498.5	1.54	0.01
98.5	5.43	0.03	1998.5	1.26	0.01
118.5	5.51	0.03	2498.5	1.09	0.01

Tableau C. 6 Section efficace de l'ionisation simple de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$



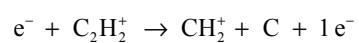
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
7.5	-0.04	0.06	58.5	5.05	0.08
8.5	0.07	0.03	68.5	4.76	0.08
9.5	0.12	0.04	78.5	4.55	0.08
10.5	0.13	0.04	98.5	4.19	0.06
11.5	0.31	0.04	118.5	3.88	0.06
12.5	0.45	0.02	138.5	3.63	0.05
13.5	0.89	0.05	158.5	3.41	0.05
14.5	1.72	0.06	178.5	3.22	0.05
16.5	3.44	0.07	198.5	3.05	0.04
18.5	5.42	0.07	218.5	2.90	0.04
20.5	6.37	0.08	248.5	2.71	0.04
22.5	6.23	0.08	298.5	2.44	0.04
24.5	6.13	0.07	398.5	2.05	0.04
26.5	6.05	0.07	498.5	1.77	0.05
28.5	5.97	0.08	598.5	1.57	0.04
33.5	5.78	0.09	798.5	1.28	0.04
38.5	5.60	0.06	998.5	1.09	0.04
43.5	5.43	0.06	1498.5	0.806	0.03
48.5	5.28	0.07	1998.5	0.63	0.03
53.5	5.14	0.09	2498.5	0.53	0.03

Tableau C. 7 Section efficace d'excitation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$: formation de CH^+



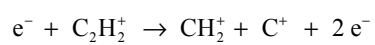
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
24.5	0	0.07	158.5	5.00	0.05
26.5	0.15	0.07	178.5	4.72	0.05
28.5	0.43	0.08	198.5	4.51	0.04
33.5	1.25	0.09	218.5	4.27	0.04
38.5	1.89	0.06	248.5	3.90	0.04
43.5	2.42	0.06	298.5	3.58	0.04
48.5	2.88	0.07	398.5	3.08	0.04
53.5	3.33	0.09	498.5	2.75	0.05
58.5	3.82	0.08	598.5	2.46	0.04
68.5	4.36	0.08	798.5	2.09	0.04
78.5	4.88	0.08	998.5	1.76	0.04
98.5	5.37	0.06	1498.5	1.39	0.03
118.5	5.42	0.06	1998.5	1.16	0.03
138.5	5.39	0.05	2498.5	0.99	0.03

Tableau C. 8 Section efficace d'ionisation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$: formation de CH^+



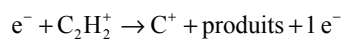
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$
6.5	0.36	0.14	78.5	1.90	0.21
7.5	0.58	0.15	98.5	1.90	0.16
8.5	0.86	0.30	118.5	1.77	0.15
10.5	1.10	0.22	158.5	1.58	0.12
12.5	2.16	0.32	198.5	1.44	0.13
14.5	3.56	0.31	298.5	1.17	0.12
16.5	3.53	0.23	398.5	0.90	0.10
18.5	3.04	0.25	598.5	0.76	0.11
23.5	2.83	0.21	798.5	0.63	0.09
28.5	2.56	0.19	998.5	0.48	0.09
33.5	2.38	0.18	1498.5	0.37	0.09
38.5	2.27	0.23	1998.5	0.34	0.06
48.5	2.05	0.19	2498.5	0.28	0.08
58.5	2.07	0.15			

Tableau C. 9 Section efficace d'excitation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$: formation de CH_2^+



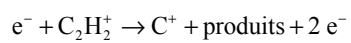
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-18} \text{ cm}^2)$
8.5	-0.02	0.11	98.5	2.66	0.09
10.5	0.17	0.13	118.5	2.66	0.08
12.5	0.09	0.09	158.5	2.38	0.06
14.5	0.14	0.07	198.5	2.22	0.06
16.5	0.09	0.11	298.5	1.84	0.06
18.5	0.23	0.09	398.5	1.61	0.05
23.5	0.34	0.07	598.5	1.30	0.05
28.5	0.91	0.09	798.5	1.08	0.04
33.5	1.57	0.12	998.5	0.93	0.04
38.5	1.87	0.11	1498.5	0.72	0.03
48.5	2.28	0.10	1998.5	0.59	0.03
58.5	2.31	0.08	2498.5	0.50	0.02
78.5	2.64	0.10			

Tableau C. 10 Section efficace d'ionisation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de CH_2^+



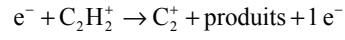
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
8.5	-0.05	0.06	48.5	4.09	0.08
9.5	0.02	0.03	58.5	3.95	0.08
10.5	0.04	0.03	78.5	3.36	0.09
11.5	0.11	0.02	98.5	2.85	0.10
12.5	0.15	0.03	118.5	2.47	0.09
13.5	0.26	0.03	158.5	2	0.07
14.5	0.45	0.03	198.5	1.7	0.06
16.5	0.76	0.06	298.5	1.3	0.07
18.5	1.23	0.07	398.5	1.09	0.06
20.5	1.85	0.04	598.5	0.86	0.05
21.5	2.07	0.03	798.5	0.73	0.05
23.5	2.75	0.04	998.5	0.65	0.05
28.5	3.26	0.08	1498.5	0.52	0.05
33.5	3.61	0.06	1998.5	0.45	0.04
38.5	3.92	0.07	2498.5	0.40	0.04

Tableau C 11 Section efficace d'excitation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de C^+



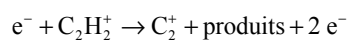
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
18.5	0.02	0.08	158.5	4.11	0.07
23.5	0.03	0.08	198.5	3.90	0.07
28.5	0.09	0.07	298.5	3.14	0.07
33.5	0.16	0.07	398.5	2.64	0.07
38.5	0.19	0.08	598.5	2.03	0.05
48.5	0.23	0.09	798.5	1.63	0.06
58.5	1.14	0.09	998.5	1.41	0.05
78.5	2.71	0.10	1498.5	1.01	0.05
98.5	3.65	0.12	1998.5	0.78	0.04
118.5	4.19	0.10	2498.5	0.63	0.04

Tableau C. 12 Section efficace d'ionisation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de C^+



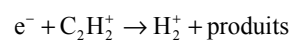
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
7	-0.004	0.18	77	1.81	0.31
9	0.15	0.14	87	1.69	0.26
11	0.40	0.13	97	1.59	0.27
13	2.04	0.14	117	1.43	0.15
15	2.98	0.21	137	1.32	0.14
17	3.40	0.23	157	1.22	0.13
22	3.53	0.23	197	1.08	0.10
27	3.28	0.21	247	0.96	0.16
32	3.00	0.22	297	0.87	0.09
37	2.77	0.29	397	0.75	0.11
42	2.57	0.26	597	0.61	0.05
45	2.47	0.24	797	0.53	0.09
47	2.41	0.41	997	0.47	0.06
52	2.27	0.24	1497	0.38	0.05
57	2.15	0.27	1997	0.33	0.05
67	1.96	0.20	2497	0.30	0.04

Tableau C. 13 Section efficace d'excitation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de C_2^+



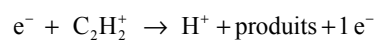
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
22	0.01	0.23	117	3.82	0.15
27	-0.04	0.21	137	3.75	0.14
32	0.27	0.22	157	3.64	0.13
37	0.40	0.29	197	3.04	0.10
42	1.43	0.26	247	2.57	0.16
45	2.11	0.24	297	2.30	0.09
47	2.10	0.41	397	1.89	0.11
52	1.85	0.24	597	1.27	0.05
57	1.95	0.27	797	0.87	0.09
67	2.45	0.20	997	0.77	0.06
77	3.11	0.31	1497	0.60	0.05
87	3.42	0.26	1997	0.44	0.05
97	3.78	0.27	2497	0.28	0.04

Tableau C. 14 Section efficace d'ionisation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de C_2^+



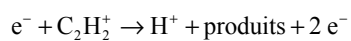
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-19} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-19} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-19} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-19} \text{ cm}^2)$
7	0.01	0.35	117	4.87	0.20
9	0.60	0.41	137	4.64	0.23
11	1.24	0.37	157	4.43	0.26
13	3.12	0.37	197	3.99	0.25
15	3.44	0.42	247	3.44	0.24
17	4.06	0.27	297	2.80	0.24
22	4.26	0.26	397	2.47	0.24
27	4.82	0.33	597	1.99	0.18
37	5.02	0.34	797	1.43	0.17
47	5.50	0.43	997	1.39	0.15
57	5.68	0.49	1497	1.15	0.15
67	5.53	0.30	1997	0.91	0.12
77	5.51	0.30	2497	0.68	0.10
97	5.17	0.22			

Tableau C. 15 Section efficace de formation de H_2^+ à partir de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$



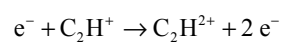
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
7.5	-0.01	0.08	68.5	1.36	0.05
8.5	0.03	0.04	78.5	1.28	0.05
9.5	0.08	0.03	98.5	1.16	0.04
10.5	0.12	0.03	118.5	1.05	0.04
11.5	0.16	0.04	138.5	0.98	0.03
12.5	0.36	0.04	158.5	0.90	0.04
13.5	0.46	0.03	198.5	0.80	0.03
14.5	0.59	0.04	248.5	0.71	0.03
16.5	0.83	0.04	298.5	0.64	0.03
18.5	1.08	0.05	398.5	0.54	0.03
20.5	1.21	0.05	598.5	0.44	0.02
23.5	1.38	0.05	798.5	0.37	0.02
28.5	1.51	0.05	998.5	0.33	0.02
38.5	1.57	0.07	1498.5	0.26	0.02
48.5	1.51	0.05	1998.5	0.22	0.02
58.5	1.44	0.06	2498.5	0.19	0.02

Tableau C. 16 Section efficace d'excitation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de H^+



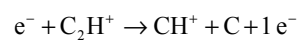
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
14.5	0.13	0.05	118.5	3.27	0.06
16.5	0.19	0.06	138.5	3.02	0.05
18.5	0.15	0.08	158.5	2.88	0.06
20.5	0.17	0.05	198.5	2.64	0.04
23.5	0.40	0.07	248.5	2.30	0.05
26.5	0.89	0.06	298.5	2.10	0.04
28.5	1.13	0.07	398.5	1.85	0.05
33.5	1.58	0.09	598.5	1.36	0.04
38.5	1.99	0.08	798.5	1.19	0.05
48.5	2.66	0.09	998.5	1.10	0.04
58.5	3.25	0.11	1498.5	0.86	0.05
68.5	3.37	0.13	1998.5	0.67	0.03
78.5	3.31	0.08	2498.5	0.59	0.02
98.5	3.35	0.10			

Tableau C. 17 Section efficace d'ionisation dissociative de l'ion moléculaire $C_2H_2^+$; formation de H^+



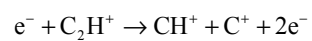
$E_e(\text{Ev})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
23.5	0.01	0.01	108.5	1.80	0.02
24.5	0.04	0.01	118.5	1.87	0.02
25.5	0.14	0.01	138.5	1.87	0.01
26.5	0.22	0.02	158.5	1.77	0.01
27.5	0.31	0.02	178.5	1.71	0.01
28.5	0.47	0.02	198.5	1.62	0.01
30.5	0.56	0.01	247.0	1.48	0.01
32.5	0.71	0.02	298.5	1.37	0.01
33.5	0.83	0.03	398.5	1.15	0.01
38.5	0.95	0.02	498.5	1.04	0.01
43.5	1.07	0.01	598.5	0.86	0.01
48.5	1.20	0.02	798.5	0.78	0.01
58.5	1.34	0.02	998.5	0.67	0.01
68.5	1.50	0.02	1498.50	0.49	0.01
78.5	1.60	0.02	1998.5	0.41	0.01
88.5	1.69	0.02	2498.5	0.35	0.01
98.5	1.80	0.02			

Tableau C. 18 Section efficace de l'ionisation simple de l'ion moléculaire C_2H^+



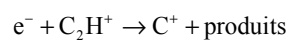
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
5.5	-0.02	0.08	58.5	2.61	0.18
6.5	0.05	0.08	78.5	2.23	0.15
7.5	0.20	0.10	98.5	1.86	0.17
8.5	0.47	0.09	118.5	1.50	0.10
9.5	0.75	0.11	138.5	1.49	0.11
10.5	1.65	0.09	158.5	1.34	0.09
11.5	2.68	0.15	178.5	1.34	0.08
12.5	3.10	0.15	198.5	1.39	0.09
14.5	3.69	0.17	218.5	1.15	0.09
16.5	3.76	0.22	248.5	1.06	0.13
18.5	3.53	0.26	298.5	0.92	0.09
20.5	3.56	0.17	398.5	0.77	0.10
22.5	3.57	0.16	498.5	0.60	0.08
24.5	3.36	0.16	598.5	0.47	0.10
26.5	3.26	0.22	798.5	0.46	0.08
28.5	3.24	0.17	998.5	0.43	0.08
33.5	3.05	0.18	1498.5	0.38	0.11
38.5	3.10	0.14	1998.5	0.28	0.07
48.5	2.67	0.15	2498.5	0.29	0.07

Tableau C. 19 Section efficace de l'excitation dissociative de C_2H^+ : formation de CH^+



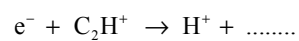
$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
12.5	-0.06	0.15	138.5	5.15	0.09
14.5	0.13	0.11	158.5	5.02	0.07
16.5	0.25	0.09	178.5	4.81	0.05
20.5	0.46	0.07	198.5	4.59	0.04
24.5	0.69	0.07	218.5	4.49	0.06
26.5	0.86	0.06	248.5	4.16	0.06
28.5	1.49	0.06	298.5	3.76	0.05
33.5	2.22	0.08	398.5	3.17	0.05
38.5	2.84	0.11	498.5	2.80	0.05
43.5	3.83	0.09	598.5	2.49	0.04
48.5	4.24	0.10	798.5	2.09	0.04
58.5	4.54	0.11	998.5	1.80	0.03
78.5	5.02	0.10	1498.5	1.33	0.03
98.5	5.26	0.12	1998.5	1.05	0.03
118.5	5.35	0.05	2498.5	0.91	0.03

Tableau C. 20 Section efficace de l'ionisation dissociative de C_2H^{+} : formation de CH^{+}



$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-17} \text{ cm}^2)$
7.5	-0.03	0.06	108.5	21.07	0.24
8.5	0.16	0.08	118.5	20.99	0.26
10.5	0.85	0.10	138.5	20.45	0.23
12.5	2.43	0.15	158.5	19.15	0.28
14.5	4.25	0.26	178.5	18.02	0.33
16.5	6.66	0.18	198.5	17.28	0.30
18.5	8.90	0.33	248.5	15.22	0.21
23.5	12.20	0.30	298.5	13.67	0.28
28.5	14.93	0.35	348.5	12.73	0.27
33.5	16.33	0.37	398.5	11.98	0.22
38.5	17.92	0.30	498.5	9.77	0.25
48.5	19.61	0.27	598.5	9.09	0.21
58.5	20.36	0.24	798.5	7.23	0.14
68.5	21.20	0.29	998.5	6.44	0.16
78.5	21.20	0.30	1498.5	4.74	0.16
88.5	21.20	0.28	1998.5	3.85	0.21
98.5	20.96	0.25	2498.5	3.38	0.20

Tableau C. 21 Section efficace de l'excitation dissociative de C_2H^+ ; formation de C^+



$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-1} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-1} \text{ cm}^2)$	$E_e(\text{eV})$	$\sigma (10^{-1} \text{ cm}^2)$	$\Delta\sigma (10^{-1} \text{ cm}^2)$
7.5	-0.01	0.02	78.5	2.16	0.10
8.5	0.02	0.01	98.5	2.07	0.09
9.5	0.08	0.03	118.5	2.01	0.07
10.5	0.19	0.03	138.5	1.91	0.07
12.5	0.37	0.07	158.5	1.88	0.04
14.5	0.52	0.08	198.5	1.55	0.072
15.5	0.77	0.10	248.5	1.42	0.06
16.5	1.10	0.07	298.5	1.25	0.07
18.5	1.30	0.12	398.5	1.15	0.05
23.5	1.60	0.09	598.5	0.90	0.04
28.5	1.89	0.10	798.5	0.76	0.05
33.5	1.89	0.17	998.5	0.65	0.04
38.5	2.04	0.10	1498.5	0.44	0.04
48.5	2.15	0.13	1998.5	0.36	0.03
58.5	2.19	0.10	2498.5	0.32	0.03
68.5	2.18	0.14			

Tableau C. 22 Section efficace de formation de H^+ à partir de l'ion moléculaire C_2H^+