

# S13 – Interactions moléculaires : solubilité et pénétration cutanée



Polarité – Liaisons hydrogène – Van der Waals – Hydrophile/lipophile – Pénétration cutanée

En BTS MECP, on attend des réponses **rédigées, justifiées** et utilisant un **vocabulaire scientifique précis**.

Comprendre les interactions moléculaires permet d'expliquer la solubilité des actifs et leur capacité à traverser la peau.

## 🎯 Objectifs de la séance

À l'issue de cette séance, vous serez capables de :

- **identifier** le caractère polaire ou apolaire d'une liaison et d'une molécule
- **distinguer** les liaisons hydrogène et les interactions de Van der Waals
- **expliquer** la solubilité par le principe « qui se ressemble se dissout »
- **relier** la structure d'une molécule à son caractère hydrophile ou lipophile
- **argumenter** sur la pénétration cutanée d'un actif cosmétique



## Pourquoi c'est important pour votre métier ?

En institut ou en laboratoire cosmétique, vous serez amené(e) à :

- **Comprendre la formulation** : pourquoi mélanger une phase aqueuse et une phase huileuse nécessite un émulsifiant
- **Prévoir la pénétration cutanée** : un actif hydrophile ne pénètre pas la peau de la même façon qu'un actif lipophile
- **Conseiller sur les soins** : adapter le vecteur (crème, sérum huileux, gel aqueux) à l'actif
- **Lire les fiches techniques** : interpréter les mentions « soluble dans l'eau » ou « soluble dans les huiles »

💡 La vitamine C (acide ascorbique) est hydrophile : elle se dissout dans l'eau mais pénètre mal la barrière lipidique de la peau. C'est pourquoi on utilise des dérivés lipophiles comme l'Ascorbyl

Tetraisopalmitate pour améliorer sa pénétration !

👉 Cette séance vous permettra de comprendre pourquoi un actif pénètre bien ou mal dans la peau, en fonction de sa structure moléculaire.

## Situation professionnelle

Vous travaillez au **service R&D** d'un laboratoire cosmétique.

La directrice technique vous demande d'expliquer un problème récurrent :

- La **vitamine C pure** (acide ascorbique, hydrophile) est un excellent antioxydant mais **pénètre mal la peau**.
- L'**Ascorbyl Tetraisopalmitate** (dérivé lipophile de la vitamine C) **pénètre beaucoup mieux**.

« Pourquoi la vitamine C hydrophile ne traverse-t-elle pas la barrière cutanée ? Comment améliorer sa pénétration ? »

Pour répondre, vous devez comprendre les **interactions entre molécules** et le lien entre **structure** et **solubilité**.

## Documents fournis

### Document 1 – Polarité d'une liaison

Quand deux atomes liés ont des **électronégativités différentes**, la liaison est **polaire** : les électrons sont attirés vers l'atome le plus électronégatif.

**Électronégativité** : capacité d'un atome à attirer les électrons d'une liaison.

Atome	Électronégativité (échelle de Pauling)
H	2,2
C	2,6
N	3,0
O	3,4

Atome	Électronégativité (échelle de Pauling)
Cl	3,2

Règle pratique :

$$\Delta\chi > 0,4 \Rightarrow \text{liaison POLAIRE} \quad \Delta\chi \leq 0,4 \Rightarrow \text{liaison APOLAIRE}$$

Liaison	$\Delta\chi$	Caractère
O–H	1,2	Polaire
C–O	0,8	Polaire
C–H	0,4	Apolaire
C–C	0	Apolaire

💡 Dans une liaison polaire, on note  $\delta^+$  sur l'atome le moins électronégatif et  $\delta^-$  sur le plus électronégatif.



Les électrons sont attirés vers 0 (plus électronégatif)

## Document 2 – Polarité d'une molécule

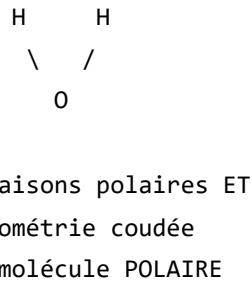
La polarité d'une molécule dépend de **deux facteurs** :

1. La **polarité des liaisons** qu'elle contient
2. La **géométrie** de la molécule (les polarités peuvent se compenser)

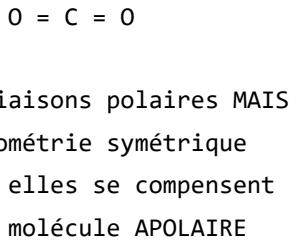
Critère	Molécule polaire	Molécule apolaire
Liaisons	Polaires	Apolaires ou polaires compensées
Géométrie	Dissymétrique	Symétrique
Exemple	H <sub>2</sub> O (coudée)	CO <sub>2</sub> (linéaire, symétrique)

Exemples :

Molécule d'EAU ( $\text{H}_2\text{O}$ )



Molécule de  $\text{CO}_2$



## Document 3 – Les interactions intermoléculaires

Les molécules interagissent entre elles grâce à des forces **plus faibles** que les liaisons covalentes.

### A) Liaisons hydrogène

Une **liaison hydrogène** se forme quand un atome d'hydrogène lié à un atome très électronégatif (O, N, F) interagit avec un autre atome électronégatif porteur de doublets non liants.

Liaison H : X—H···Y (X, Y = O, N ou F)

Liaison hydrogène



(entre molécules  
d'eau)



(entre molécules  
biologiques)

**Caractéristiques :**

- Force **intermédiaire** (10 à 40 kJ/mol)
- Responsable des propriétés de l'eau ( $T^\circ$  ébullition élevée)
- Essentielle en biologie (structure de l'ADN, des protéines)

### B) Interactions de Van der Waals

Les **interactions de Van der Waals** existent entre **toutes les molécules**, polaires ou non.

Van der Waals : plus la molécule est GRANDE, plus les interactions sont FORTES

**Caractéristiques :**

- Force **faible** (1 à 10 kJ/mol)
- Augmentent avec la **taille** et la **surface de contact** de la molécule
- Seules interactions possibles entre molécules **apolaires**

## Document 4 – Solubilité : « qui se ressemble se dissout »

La solubilité dépend des interactions entre le **soluté** et le **solvant** :

Polaire dissout polaire		Apolaire dissout apolaire
-------------------------	--	---------------------------

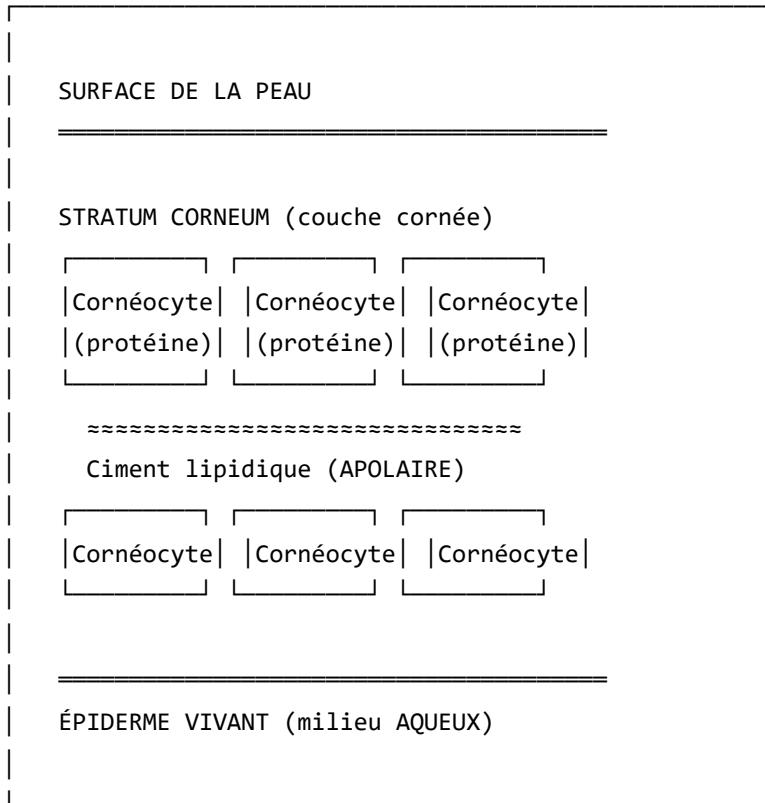
Solvant	Type	Dissout...	Exemples
Eau	Polaire	Molécules <b>polaires</b> (hydrophiles)	Sel, sucre, vitamine C
Huile	Apolaire	Molécules <b>apolaires</b> (lipophiles)	Vitamine E, rétinol, cires

**Vocabulaire :**

Terme	Signification	Affinité
<b>Hydrophile</b>	« Qui aime l'eau »	Soluble dans l'eau (polaire)
<b>Lipophile</b>	« Qui aime les graisses »	Soluble dans les huiles (apolaire)
<b>Amphiphile</b>	« Qui aime les deux »	Possède une partie hydrophile ET une partie lipophile

## Document 5 – Structure de la peau et pénétration cutanée

La couche la plus superficielle de l'épiderme, le **stratum corneum** (couche cornée), est la principale **barrière** à la pénétration des actifs.



### Structure en « briques et mortier » :

- **Briques** = cornéocytes (cellules mortes riches en kératine)
- **Mortier** = ciment lipidique intercellulaire (**APOLAIRO** : céramides, cholestérol, acides gras)

**⚠ Le ciment lipidique est APOLAIRO** → les molécules **lipophiles** le traversent plus facilement que les molécules **hydrophiles**.

### Conséquence pour les actifs :

Type d'actif	Exemples	Pénétration
<b>Hydrophile</b>	Vitamine C, acide hyaluronique	<span style="color:red">✗</span> Difficile
<b>Lipophile</b>	Vitamine E, rétinol	<span style="color:green">✓</span> Facile
<b>Amphiphile</b>	Niacinamide (vitamine B3)	<span style="color:green">✓</span> Bonne

## Document 6 – Améliorer la pénétration d'un actif hydrophile

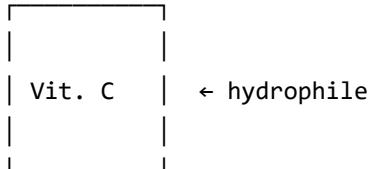
Plusieurs stratégies permettent de faire pénétrer un actif hydrophile à travers la barrière lipidique :

Stratégie	Principe	Exemple
Dérivé lipophile	Greffer un groupe apolaire sur la molécule	Ascorbyl Tetraisopalmitate
Liposomes	Encapsuler dans des vésicules lipidiques	Liposomes de vitamine C
Émulsion	Disperser dans une phase huileuse	Crème eau-dans-huile
Promoteurs d'absorption	Perturber le ciment lipidique	Alcools, terpènes

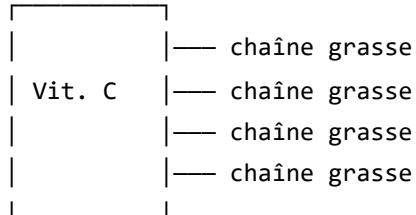
### Exemple : dérivé lipophile de la vitamine C

VITAMINE C PURE  
(acide ascorbique)

ASCORBYL TETRAISOPALMITATE  
(dérivé lipophile)



Nombreux groupes O-H  
→ liaisons H avec l'eau  
→ SOLUBLE dans l'eau  
→ NE PÉNÈTRE PAS



↑  
Chaînes carbonées (apolaires)  
→ interactions Van der Waals  
avec le ciment lipidique  
→ PÉNÈTRE la peau

## 💡 Travail 1 – Polarité des liaisons et des molécules

🎯 Compétence E2 : Mobiliser – Identifier la polarité.

### 1.1 – Polarité des liaisons

À l'aide du tableau d'électronégativité (Document 1), déterminez le caractère polaire ou apolaire des liaisons suivantes :

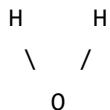
Liaison	Atome 1 (x)	Atome 2 (x)	$\Delta\chi$	Polaire ou apolaire ?
O-H	_____	_____	_____	_____

Liaison	Atome 1 ( $\chi$ )	Atome 2 ( $\chi$ )	$\Delta\chi$	Polaire ou apolaire ?
C–H	_____	_____	_____	_____
C–O	_____	_____	_____	_____
C–C	_____	_____	_____	_____
N–H	_____	_____	_____	_____

## 1.2 – Polarité des molécules

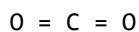
Pour chaque molécule, indiquez si elle est **polaire** ou **apolaire** et justifiez brièvement :

**Molécule A : Eau ( $H_2O$ )** – Géométrie coudée



Polaire ou apolaire ? \_\_\_\_\_ Justification :

**Molécule B : Dioxyde de carbone ( $CO_2$ )** – Géométrie linéaire



Polaire ou apolaire ? \_\_\_\_\_ Justification :

**Molécule C : Méthane ( $CH_4$ )** – Géométrie tétraédrique symétrique

Polaire ou apolaire ? \_\_\_\_\_ Justification :

# Travail 2 – Les interactions intermoléculaires

Compétence E2 : Mobiliser – Reconnaître les types d'interactions.

## 2.1 – Identifier les interactions

Pour chaque paire de molécules, indiquez le type d'interaction principal (liaison hydrogène ou Van der Waals) :

Paire de molécules	Interaction principale	Justification
Eau – Eau ( $\text{H}_2\text{O} \cdots \text{H}_2\text{O}$ )	_____	
Huile – Huile (chaînes C–H)	_____	
Eau – Éthanol ( $\text{H}_2\text{O} \cdots \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	_____	
Hexane – Hexane ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )	_____	

## 2.2 – Comparer les forces

Classez les interactions suivantes de la **plus faible** à la **plus forte** :

- Liaison covalente (ex : O–H dans l'eau)
- Liaison hydrogène (ex : entre deux molécules d'eau)
- Interaction de Van der Waals (ex : entre deux molécules d'huile)

La plus faible : \_\_\_\_\_ < \_\_\_\_\_ < \_\_\_\_\_ : La plus forte

# Travail 3 – Solubilité et structure moléculaire

Compétence E2 : Argumenter – Relier structure et solubilité.

## 3.1 – Prévoir la solubilité

Pour chaque molécule, identifiez les groupes caractéristiques et prévoyez sa solubilité :

**Molécule A : Éthanol ( $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$ )**

- Groupe(s) polaire(s) présent(s) : \_\_\_\_\_
- Groupe(s) apolaire(s) présent(s) : \_\_\_\_\_

- Soluble plutôt dans l'eau ou dans l'huile ? \_\_\_\_\_
- Justification :

**Molécule B : Hexane ( $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$ )**

- Groupe(s) polaire(s) présent(s) : \_\_\_\_\_
- Groupe(s) apolaire(s) présent(s) : \_\_\_\_\_
- Soluble plutôt dans l'eau ou dans l'huile ? \_\_\_\_\_
- Justification :

**Molécule C : Acide ascorbique (vitamine C) – Contient 4 groupes O—H et 1 groupe C=O**

- Caractère dominant : hydrophile ou lipophile ? \_\_\_\_\_
- Soluble plutôt dans l'eau ou dans l'huile ? \_\_\_\_\_
- Justification :

### 3.2 – La règle « qui se ressemble se dissout »

Complétez le tableau :

Soluté	Caractère	Solvant adapté	Interaction mise en jeu
Vitamine C	Hydrophile	_____	_____
Vitamine E	_____	Huile	_____
Sel (NaCl)	Hydrophile	_____	_____
Cire d'abeille	_____	_____	Van der Waals



## Travail 4 – Pénétration cutanée

🎯 Compétence E2 : Argumenter – Relier structure et pénétration.

### 4.1 – Analyser la barrière cutanée

À l'aide du Document 5, répondez aux questions :

1. Quel est le nom de la couche qui constitue la principale barrière de la peau ?
2. De quoi est composé le « mortier » entre les cornéocytes ?
3. Ce ciment intercellulaire est-il polaire ou apolaire ?

### 4.2 – Prévoir la pénétration

Pour chaque actif, indiquez s'il pénétrera facilement la peau et justifiez :

Actif	Caractère	Pénétration (facile/difficile)	Justification
Vitamine C (hydrophile)	Polaire	_____	
Rétinol (lipophile)	Apolaire	_____	
Acide hyaluronique (très hydrophile, grande molécule)	Polaire	_____	
Niacinamide (amphiphile)	Mixte	_____	

### 4.3 – La vitamine C : problème et solutions

La vitamine C (acide ascorbique) est un puissant antioxydant mais pénètre mal la peau.

1. Expliquez pourquoi la vitamine C pénètre mal en utilisant les termes : *hydrophile, ciment lipidique, apolaire, interactions*.

2. L'Ascorbyl Tetraisopalmitate est un dérivé de la vitamine C sur lequel on a greffé 4 chaînes grasses. Expliquez pourquoi ce dérivé pénètre mieux la peau.

3. Proposez une autre stratégie (différente du dérivé lipophile) pour améliorer la pénétration de la vitamine C. Justifiez.

## Travail 5 – Exercice de synthèse (niveau E2)

### Compétence E2 : Argumenter et Communiquer

#### Situation professionnelle

Un laboratoire cosmétique développe un sérum contenant deux actifs :

Actif	Structure	Caractère
<b>Niacinamide</b> (vitamine B3)	Petite molécule avec un cycle azoté et un groupe C=O	Amphiphile
<b>Tocophérol</b> (vitamine E)	Grande molécule avec une longue chaîne carbonée et un seul groupe OH	Lipophile

#### Questions

**5.1** Pour chaque actif, identifiez la partie hydrophile et la partie lipophile de la molécule. (2 pts)

**5.2** Quel actif pénétrera le mieux à travers le ciment lipidique ? Justifiez en vous appuyant sur les interactions intermoléculaires. (2 pts)

**5.3** Le formateur choisit un véhicule de type émulsion huile-dans-eau. Expliquez en 3-4 lignes pourquoi ce choix est adapté pour véhiculer ces deux actifs. (2 pts)

## Entrainement filé – Question type E2 2025

 **Compétence E2 : Argumenter** – Répondre en 4 lignes.

**Question :** L'ajout d'un groupe éthyle ( $-\text{CH}_2\text{--CH}_3$ ) sur la vitamine C améliore sa pénétration cutanée. Expliquez.

## Synthèse personnelle (entraînement E2 – 5 à 7 lignes)

 **Compétence E2 : Communiquer**

Rédigez un **court paragraphe** expliquant comment la structure d'une molécule détermine ses interactions, sa solubilité et sa capacité à pénétrer la peau.

**Votre synthèse doit contenir :**

- Le lien entre polarité et type d'interaction (liaison H ou Van der Waals)

- Le principe « qui se ressemble se dissout »
- Le caractère lipidique de la barrière cutanée
- Un exemple d'actif cosmétique

**Mots obligatoires à placer :**

*polaire – apolaire – liaison hydrogène – Van der Waals – hydrophile – lipophile – ciment lipidique – pénétration cutanée*

## Mes réussites aujourd'hui

Avant de passer à l'auto-évaluation, prenez un moment pour reconnaître vos progrès !

**Cochez ce que vous avez réussi à faire :**

Réussite	✓
Je sais déterminer si une liaison est polaire ou apolaire	<input type="checkbox"/>
Je sais identifier le caractère polaire/apolaire d'une molécule	<input type="checkbox"/>
Je connais la différence entre liaison H et Van der Waals	<input type="checkbox"/>
Je sais prévoir la solubilité d'une molécule	<input type="checkbox"/>
Je comprends pourquoi un actif hydrophile pénètre mal la peau	<input type="checkbox"/>
Je connais des stratégies pour améliorer la pénétration cutanée	<input type="checkbox"/>

 **Chaque case cochée est une victoire !** Vous savez maintenant expliquer pourquoi un actif pénètre bien ou mal dans la peau.

## Auto-évaluation

Avant de rendre votre travail, vérifiez :

Critère	✓
Je sais calculer $\Delta\chi$ et en déduire la polarité d'une liaison	<input type="checkbox"/>
Je sais distinguer liaison hydrogène et Van der Waals	<input type="checkbox"/>
Je connais le principe « qui se ressemble se dissout »	<input type="checkbox"/>
Je sais relier structure moléculaire et pénétration cutanée	<input type="checkbox"/>
Je comprends le rôle du ciment lipidique comme barrière	<input type="checkbox"/>
J'ai rédigé ma synthèse avec les mots obligatoires	<input type="checkbox"/>

## Pour la suite de la progression

Dans les **séances suivantes**, vous découvrirez :

- **S14** : pH et cosmétiques
- **S19** : Fonctions organiques (alcools, acides, esters...)

## Outils méthodologiques associés

- ➡ **Fiche méthode 01 – Justifier une réponse scientifique (O.A.C.J.)**
- ➡ **Fiche méthode 06 – Lire une formule de Lewis**

## Pour réviser en vidéo

-  **Liaisons hydrogène et interactions** – 4 min

Comprendre les forces intermoléculaires.

-  **Polarité des molécules** - 5 min

 **Hydrophile / Lipophile : comprendre la solubilité** – 11 min

*Le lien entre structure moléculaire et solubilité.*

💡 **Conseil** : Ces notions sont fondamentales pour comprendre la formulation cosmétique et la pénétration des actifs !